

Janina Leppäkorpi

TIETOMALLIN HYÖDYNTÄMINEN ASUN- TORAKENTAMISEN OPERATIIVISEN HANKINNAN PROSESSISSA

Rakennetun ympäristön tiedekunta
Diplomityö
Huhtikuu 2019

TIIVISTELMÄ

Janina Leppäkorpi: Tietomallin hyödyntäminen asuntorakentamisen operatiivisen hankinnan prosessissa
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Huhtikuu 2019

Tämä diplomityö käsittelee tietomallien hyödyntämistä asuntorakentamisen operatiivisen eli projektikohtaisen hankinnan prosessissa. Diplomityön tavoitteena oli selvittää, miten tietomallia voitaisiin hyödyntää tehokkaammin tutkimuksen kohdeyrityksen hankintatoimessa. Hankintojen osuus rakennushankkeiden kokonaiskustannuksista on jatkuvassa kasvussa. Tällä hetkellä hankinnat muodostavat noin 60-80% osuuden rakennushankkeiden kokonaiskustannuksista. Näin ollen hankintojen onnistumisella on merkittävä rooli hankkeen taloudellisessa onnistumisessa. Hankintojen merkittävän taloudellisen vaikutuksen vuoksi rakennusliikkeet panostavat hankintojen kehittämiseen. Tietomallintaminen on yksi rakennusalan potentiaalisimmista kehityskohdista. Tietomallin sisältämää tietoa voidaan hyödyntää rakentamisen lisäksi myös hankinnoissa. Tutkimuksen kohdeyrityksessä tehtyjen selvitysten perusteella tietomallia ei vielä hyödynnetä tehokkaasti kohdeyrityksen hankintatoimessa. Perustajaurakoitavissa kohteissa rakennusliikkeellä on parhaat mahdollisuudet vaikuttaa hankkeen tietomallintamiseen, joten tutkimuksessa käsiteltiin tietomallintamista asuntorakentamisen ja perustajaurakoinnin näkökulmasta.

Tutkimus toteutettiin kahdessa osassa. Ensimmäisessä osassa tutkittiin tietomallien hyödyntämisen nykytilannetta kohdeyrityksen hankintatoimessa kyselytutkimuksen avulla sekä kartoitettiin tietomallintamisen kehityskohtia haastattelututkimuksen avulla. Kyselytutkimus toteutettiin valtakunnallisesti koko kohdeyrityksen hankintahenkilöstölle sähköisenä verkkokyselynä. Haastattelututkimuksessa haastateltiin kaikkien operatiivisen hankintaprosessin osapuolten edustajia: suunnittelijat, suunnittelunohjaus, laskenta, hankinta, tuotanto ja alihankkijat. Haastattelututkimus toteutettiin case-projektin kontekstissa. Tutkimuksen jälkimmäisessä osassa tutkittiin kirjallisuustutkimuksen avulla talonrakentamisen hankintatoimea, tietomalleja rakennusalan kontekstissa sekä tietomallien hyödyntämistä rakennushankkeissa. Kirjallisuustutkimuksen avulla selvitettiin hankintojen erilaisia luokitteluja ja hankintojen merkitystä yrityksen liiketoiminnalle sekä kuvattiin hankinnan prosessi. Tietomallintamisen osalta kirjallisuustutkimuksen avulla selvitettiin tietomallipohjaisen suunnittelun ja perinteisen suunnittelun eroavaisuuksia sekä tietomallintamisen periaatteita, käytiin läpi Yleiset tietomallivaatimukset ja tietomallipohjaisen asuntorakennushankkeen kulku sekä tutkittiin tietomallien laadunvarmistuskeinoja, tietomallipohjaista määrälaskentaa ja tietomallien käyttöä perustajaurakoinnissa.

Tutkimuksessa selvitettiin tietomallintamisen kehityskohdat, joihin panostamalla kohdeyrityksen hankintatoimessa pystytään hyödyntämään tietomalleja tulevaisuudessa tehokkaammin. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin kehityskohtien jatkokehitystarpeet, jatkokehitystarpeiden vaikutukset hankintaprosessin osapuoliin sekä hankinnan määrätietovaatimukset kymmenen taloudellisesti merkittävimmän hankintanimikkeen osalta. Tutkimuksessa esille nousseet tietomallintamisen kehityskohdat ovat: henkilöstön tietomalliosaaminen, tietomallipohjainen määrätieto, suunnitteluprosessi ja päätöksenteko, tietomalliohjeistus, sopimustekniset asiat, suunnitteluohjelmistot ja tietomallinnus, suunnitteluaiakataulu, osapuolten motivaatio sekä palautteen antaminen. Tietomallien hyödyntämisessä hankintojen kannalta tärkeintä on tietomallipohjaisen määrätiedon luotettavuus ja oikea-aikaisuus. Jotta tietomallintamisen täysi potentiaali pystytään hankintaprosessissa hyödyntämään, tulee kaikilla hankintaprosessin osapuolilla olla valmiudet toimia tietomallipohjaisesti. Tietomallien tehokkaampi hyödyntäminen tulee olemaan pitkällisen kehitystyön tulos, mikä vaatii motivaatiota kaikilta prosessin osapuolilta.

Avainsanat: hankinta, hankintaprosessi, tietomalli, tietomallintaminen, BIM, perustajaurakointi

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Janina Leppäkorpi: Utilization of the building information model in the operative procurement process of housing construction
Master of Science Thesis
Tampere University
Master's Degree Program in Civil Engineering
April 2019

This Master of Science Thesis deals with the utilization of the building information model (BIM) in the operative or project-specific procurement process of housing construction. The aim of this thesis was to discover how to utilize the building information model more effectively in the target company's procurement activities. The share of procurement in the total cost of construction projects is constantly increasing. Currently, procurement accounts for about 60-80% of the total cost of construction projects. Therefore, the success of the procurement plays a significant role in the financial success of a project. Due to the significant economic impact of procurement, construction companies are investing in the development of procurement. Building information modeling is one of the most potential developments in the construction industry. The information contained in the building information model can be utilized not only in construction but also in procurement activities. Based on the research carried out in the target company of the research, the building information model is not yet effectively utilized in the procurement activities of the target company. Construction companies have the best chance of influencing the project's building information modeling in the housing development projects, so the research has focused on building information modeling from the point of view of housing construction and housing development.

The research was carried out in two phases. In the first phase, the current situation of the utilization of building information models in the procurement activities of the target company was researched by means of an inquiry, and the development points of building information modeling were surveyed using interviews. The inquiry was carried out nationwide for the entire personnel of the target company's procurement unit as an electronic online inquiry. Interviews were conducted with representatives of all parties involved in the operational procurement process: designers, design management, estimating, procurement, production and subcontractors. Interviews were conducted in the context of a case project. In the second phase of the research, the procurement activities of building construction, the building information models in the context of the construction industry and the use of building information models in the construction project were researched by means of a literature research.

As the result of the research the development points of building information modeling were identified. By investing in these development points the target company can utilize building information models more efficiently in their procurement activities in the future. In addition, the further development needs of the development points, the impact of the further development needs on the parties involved in the procurement process, and the quantity information requirements of the procurement activities for the ten most economically significant procurement titles were identified. The development points of the building information modeling identified in the research are: staff competence in utilizing building information models, BIM based quantity information, contract technical matters, design process and decision-making, guidance of building information modeling, design schedule, motivation of the parties and giving feedback. The most important aspect of utilizing building information models for procurement activities is the reliability and timeliness of BIM based quantity information. In order to utilize the full potential of building information modeling in the procurement process, all parties in the procurement process must have the capability to operate on a BIM basis. The more efficient use of building information models will be the result of a lengthy development process, which requires motivation from all parties in the process.

Keywords: procurement, procurement process, building information model, building information modeling, BIM, housing development

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty työsuhteessa Skanska Talonrakennus Oy:lle. Haluan kiittää työnantajaani työn aiheesta sekä työn tekemisen mahdollistamisesta. Lisäksi haluan kiittää työni ohjaajia Sini Kalliota ja Ulla Talvitietä asiantuntevasta ja joustavasta ohjauksesta sekä tuesta työn tekemisen aikana. Suuri kiitos myös koulun puolesta työni vastuuhjaajana toimineelle professori Kalle Kähköselle.

Diplomityö saattaa päätökseen kuusivuotisen opiskelu-urani edesmenneessä Tampereen teknillisessä yliopistossa. Kuuteen vuoteen on mahtunut paljon ikimuistoisia hetkiä, joista haluan kiittää rakkaita opiskelutovereitani! Erityisesti haluan esittää kiitokset Vanhoille tädeille, joita ilman en olisi tästä opiskelu-urakasta selviytynyt. Lämmöllä muistelen kaikkia niitä excuja, Wappuja, vuosijuhlia, sitsejä, approja, etkoja, jatkoja, jatkojenjatkoja ja muita huikeita hetkiä, jotka olen saanut kanssanne jakaa.

Suurimmat kiitokset kuuluvat minua koko opiskeluajan tukeneille äidille ja iskälle sekä tietysti tulevalle avomiehelleni Alvarille, jonka tuki tämän prosessin aikana on ollut korvaamatonta. Kiitos!

Tampereella, 10.4.2019

Janina Leppäkorpi

Janina Leppäkorpi

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO.....	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet.....	2
1.3	Tutkimuksen rajaukset.....	2
1.4	Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen toteutus	3
1.5	Tutkimusraportin rakenne.....	4
2.	HANKINTATOIMI TALONRAKENTAMISESSA.....	6
2.1	Hankintojen luokittelu	6
2.2	Hankintojen rooli yrityksen liiketoiminnassa	10
2.2.1	Hankintojen merkitys ja hankintastrategia	10
2.2.2	Ostosalkkuanalyysi	11
2.3	Hankintaprosessi	13
2.3.1	Hankinnan valmistelu	16
2.3.2	Hankintapäätöksen teko.....	17
2.3.3	Hankinnan ohjaus ja valvonta	19
3.	TIETOMALLIT RAKENNUSALAN KONTEKSTISSA	21
3.1	Tietomallintamisen erityispiirteet	21
3.2	Yleiset tietomallivaatimukset 2012	24
3.3	Tietomallintamisen periaatteet.....	25
3.4	Tietomallipohjaisen asuntorakennushankkeen kulku	29
3.4.1	Tarveselvitys	30
3.4.2	Hankesuunnittelu	31
3.4.3	Suunnittelu	32
3.4.4	Rakentamisen valmistelu	36
3.4.5	Rakentamisvaihe.....	37
3.4.6	Käyttöönotto ja ylläpito	37
3.5	Tietomallien laadunvarmistus	38
3.6	Tietomallipohjainen määrälaskenta.....	40
3.7	Tietomallien käyttö perustajaurakoinnissa	41
4.	TIETOMALLIN HYÖDYNTÄMINEN RAKENNUSHANKKEESSA	43
4.1	Tietomallintamisen tavoitteet.....	43
4.2	Tietomallintamisen hyödyt	43
4.2.1	Tietomallintamisen hyödyt tilaajan näkökulmasta	44
4.2.2	Tietomallintamisen hyödyt suunnittelijoiden näkökulmasta	45
4.2.3	Tietomallintamisen hyödyt urakoitsijan ja hankintojen näkökulmasta.....	48
4.2.4	Tietomallintamisen hyödyt viranomaisten ja rakennuksen ylläpidon näkökulmasta.....	50
4.3	Tietomallintamisen haasteet.....	51
5.	TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUSAINEISTO.....	54
5.1	Kirjallisuustutkimus	55
5.2	Tapaustudkimus	56
5.2.1	Hankinta kohdeyrityksessä	56
5.2.2	Case-projekti ja tietomallintaminen kohdeyrityksessä	58
5.3	Haastattelututkimus	59

5.4	Kyselytutkimus.....	63
6.	TIETOMALLIN HYÖDYNTÄMINEN OPERATIIVISESSA HANKINNASSA HAASTATTELUIDEN MUKAAN	65
6.1	Suunnitteluprosessi	65
6.1.1	Suunnitteluprosessin haasteet ja kehittäminen.....	66
6.1.2	Suunnitteluakataulu	70
6.1.3	Alihankkijoiden osaamisen hyödyntäminen suunnitteluprosessissa	72
6.1.4	Hankinnan ja tuotannon rooli suunnitteluprosessissa.....	73
6.2	Tietomallipohjainen suunnittelu	75
6.2.1	Tietomallinnusprosessi.....	75
6.2.2	Nimikkeiden mallintaminen	79
6.2.3	Suunnitelmien tuottaminen ja suunnitelmamuutokset	80
6.3	Hankintaprosessi	81
6.3.1	Roolit hankintaprosessissa	81
6.3.2	Tietomallin hyödyntäminen määrälaskennassa	82
6.3.3	Tietomallien hyödyntäminen hankintaprosessissa.....	85
6.4	Taloudellisesti merkittävimmät hankintanimikkeet	87
6.4.1	Tietomallin hyödyntäminen hankintaprosessissa ja määrälaskennassa	87
6.4.2	Hankinnan määrätietovaatimukset.....	89
6.5	Tietomallin kehittäminen	93
6.6	Tietomallin tehokkaampi hyödyntäminen hankintaprosessissa	97
7.	TIETOMALLIT HANKINNASSA- KYSELYTUTKIMUKSEN TULOKSET	101
7.1	Kyselytutkimuksen vastaajien määrä	101
7.2	Kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallikoulutuksen nykytilanne	101
7.3	Tietomallien hyödyntämisen nykytilanne kohdeyrityksen hankintatoimessa	102
7.4	Tietomallien tehokkaampi hyödyntäminen kohdeyrityksen hankintaprosessissa	105
7.5	Kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallikoulutuksen tarve	108
8.	POHDINTA	113
8.1	Henkilöstön motivaatio ja tietomalliosaaminen.....	114
8.2	Tietomallipohjainen määrätieto.....	116
8.3	Suunnitteluprosessi ja päätöksenteko	117
8.4	Tietomalliohjeistus	119
8.5	Sopimustekniset asiat.....	120
8.6	Suunnitteluohjelmistot ja tietomallinnus	121
8.7	Suunnitteluakataulu	123
8.8	Palaute.....	125
9.	JOHTOPÄÄTÖKSET	127
9.1	Tutkimuksen kritiikki	127
9.2	Tutkimuskysymyksiin vastaaminen	129
9.3	Ehdotukset jatkotutkimuksen kohteiksi.....	131
	LÄHTEET	133
	LIITE A: HAASTATTELUTEEMAT	
	LIITE B: KYSELYLOMAKE	
	LIITE C: HAASTATTELUTUTKIMUKSEN TULOKSET	

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Tutkimuksen raja- aus operatiivisen hankinnan prosessin osalta.</i>	3
Kuva 2.	<i>Hankintojen luokittelu (Junnonen & Kankainen 2012).</i>	8
Kuva 3.	<i>Materiaalien osuus hankinnasta (Junnonen & Kankainen 2012).</i>	10
Kuva 4.	<i>Ostosalkkuanalyysin nelikenttämatriisi. Mukailtu lähteestä (Junnonen & Kankainen 2012).</i>	12
Kuva 5.	<i>Laaja-alainen käytännön hankintaprosessi (Iloranta & Pajunen-Muhonen 2015).</i>	14
Kuva 6.	<i>Hankintaprosessin vaiheet (Junnonen & Kankainen 2012).</i>	16
Kuva 7.	<i>Rakennusurakan sopimusasiakirjat (Kivioja 2014).</i>	19
Kuva 8.	<i>Tiedonkulku perinteisessä ja tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa. Perinteinen suunnitteluprosessi esitetty vasemmalla ja tietomallipohjainen oikealla. Kuva mukailtu lähteestä (Smith & Tardif 2009).</i>	23
Kuva 9.	<i>Hankkeen tietomallirakenne (RT 10-11068 2012).</i>	26
Kuva 10.	<i>Eri suunnittelualojen tietomallien yhdistäminen yhdistelmämalleiksi (RT 10-10992 2010).</i>	29
Kuva 11.	<i>Asuntorakennushankkeen vaiheet sekä niihin liittyvät suunnittelutehtävät ja tietomallit. Mukailtu lähteistä (RT 10-10827 2004; RT 10-11068 2012).</i>	30
Kuva 12.	<i>Esimerkki tietomallisuunnittelun aikataulusta (RT 10-11076 2012).</i>	35
Kuva 13.	<i>Suunnittelun periaatteelliset laadunvarmistuspisteet (RT 10-11071 2012).</i>	39
Kuva 14.	<i>Vaikuttaminen hankkeen kokonaiskustannuksiin hankkeen elinkaaren aikana (Eastman et al. 2008).</i>	45
Kuva 15.	<i>Suunnittelijoiden työpanoksen painottuminen suunnittelun eri vaiheissa (CURT 2004).</i>	46
Kuva 16.	<i>Kohdeyrityksen operatiivisen hankinnan prosessi.</i>	57
Kuva 17.	<i>Kohdeyrityksen kymmenen taloudellisesti merkittävintä hankintanimikettä.</i>	58
Kuva 18.	<i>Yleisnäkymä case-projektin yhdistelmämallista. Kuva otettu Solibri Model Checker- mallintarkasteluohjelmasta.</i>	59
Kuva 19.	<i>Case-projektin asemapiirros.</i>	68
Kuva 20.	<i>Kuvakaappaus case-projektin yhdistelmämallin tarkastuksessa esille tulleen törmäyksestä.</i>	77
Kuva 21.	<i>Kuvakaappaus case-projektin yhdistelmämallista. Porraskäytävän talotekniikka näyttää kuin se leijuisi ilmassa. Kuva otettu Solibri Model Checker-ohjelmasta.</i>	80
Kuva 22.	<i>Kuvakaappaus tietomallipohjaisesta määrälaskennasta. Kuva otettu Solibri Model Checker-ohjelmasta.</i>	84
Kuva 23.	<i>Kyselytutkimukseen vastanneiden määrä.</i>	101
Kuva 24.	<i>Kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallikoulutuksen nykytilanne.</i>	102
Kuva 25.	<i>Kohdeyrityksen hankintatoimen tietomallien hyödyntämisen nykytilanne.</i>	103
Kuva 26.	<i>Kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallikoulutuksen tarve.</i>	109
Kuva 27.	<i>Tutkittavien, jotka kokevat tarvitsevansa tietomallikoulutusta, vastausjakaumat kysymyksissä 1 ja 2.</i>	110
Kuva 28.	<i>Tutkittavien, jotka eivät koe tarvitsevansa tietomallikoulutusta, vastausjakaumat kysymyksissä numero 1 ja 2.</i>	110

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1.	<i>Perinteisen rakennushankkeen ja tietomallihankkeen eroja (RT 10-10992 2012; AIA 2007).....</i>	<i>22</i>
Taulukko 2.	<i>Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (RT 10-11080 2012).....</i>	<i>25</i>
Taulukko 3.	<i>Suunnittelijoiden työpanoksen muutos suunnittelupätevyyksittäin tyypillisessä rakennushankkeessa (Eastman et al. 2008).....</i>	<i>47</i>
Taulukko 4.	<i>Tutkimushaastattelut.</i>	<i>62</i>
Taulukko 5.	<i>Taloudellisesti merkittävimpien hankintanimikkeiden määrätietovaatimukset (Haastattelu 4; Haastattelu 13).</i>	<i>90</i>
Taulukko 6.	<i>Kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallien hyödyntämistapoja.</i>	<i>103</i>
Taulukko 7.	<i>Esteet tietomallien hyödyntämiselle kohdeyrityksen hankintatoimessa.</i>	<i>104</i>
Taulukko 8.	<i>Tietomallien tehokkaampi hyödyntäminen kohdeyrityksen hankintaprosessissa hankintojen valmisteluvaiheessa.</i>	<i>106</i>
Taulukko 9.	<i>Tietomallien tehokkaampi hyödyntäminen kohdeyrityksen hankintaprosessissa hankintapäätöksen tekovaiheessa.</i>	<i>106</i>
Taulukko 10.	<i>Tietomallien tehokkaampi hyödyntäminen kohdeyrityksen hankintaprosessissa hankinnan ohjaus- ja valvontavaiheessa.</i>	<i>107</i>
Taulukko 11.	<i>Kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallikoulutuksen aiheita.</i>	<i>111</i>
Taulukko 12.	<i>Tietomallintamisen kehityskohdat.</i>	<i>113</i>

LYHENTEET JA MERKINNÄT

3D	Lyhenne englannin kielen sanoista "Three dimensional" eli kolmiulotteinen. 3D-mallissa rakennusosat on mallinnettu kolmen tilaulottuvuuden suhteen.
4D	Lyhenne englannin kielen sanoista "Four dimensional" eli neliulotteinen. Neljäs ulottuvuus on aika. 4D-malli saadaan lisäämällä aika- taulu rakennuksen 3D-malliin.
BEC 2012	Betonielementtien mallinnusohje
BIM	Lyhenne englannin kielen sanoista "Building Information Model" tai "Building Information Modeling" eli tietomalli tai tietomallintaminen.
COBIM	Senaatti-kiinteistöjen mallintamisohjeiden laajentamis- ja päivittä- mishanke.
DOC	Lyhenne englannin kielen sanasta "Document". Tekstinkäsittelyoh- jelmissa käytetty tiedostopääte.
DWG	Lyhenne englannin kielen sanasta "Drawing". AutoCAD-ohjelmiston alkuperäinen tiedostomuoto.
EU	Euroopan Unioni
GDPR	Euroopan Unionin yleinen tietosuoja-asetus
IFC	Industry Foundation Classes on tiedonsiirtomuoto mallien siirtämi- seen ohjelmistosta toiseen.
KVR-urakka	Kokonaisvastuu-urakka
LVIA	Lämpö, vesi/viemäri, ilmastointi ja automaatio
PDF	Portable Document Format on Adobe Systemsin kehittämä ohjel- mistoriippumaton tiedonsiirtomuoto.
RT	Rakennusteollisuus
RTS	Rakennustietosäätiö
RYHT 2000	Rakennustuotteiden yleiset hankinta- ja toimitusehdot
RYL 2000	Rakentamisen yleiset laatuvaatimukset
YSE 1998	Rakennusalan yleiset sopimusehdot
YTV 2012	Yleiset tietomallivaatimukset

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Rakennusten suunnittelu on 1990-luvulta lähtien kehittynyt käsin piirtämisestä kaksiulotteiseen digitaaliseen suunnitteluun ja lopulta kolmiulotteiseen (3D) suunnitteluun. Kolmiulotteinen suunnittelu käsittää rakennuksen osien kolmiulotteisen kuvaamisen. Tietomalli käsittää rakennuksen kolmiulotteisen kuvaamisen lisäksi rakennuksen suunnitteluun, rakentamiseen ja käyttöön tarvittavan tiedon. Tietomallista käytetään myös englanninkielistä nimitystä "Building Information Model" (BIM). (Penttilä et al. 2006.) Tietomallintaminen on selvästi yksi rakennusalan tärkeimmistä kehityskohdista. Tietomalli sisältää rakennuksen tarkan geometrian ja sen sisältämää tietoa voidaan rakentamisen lisäksi hyödyntää esimerkiksi rakennusosien valmistuksessa ja hankinnassa. Tietomallintaminen mahdollistaa paremmin integroidun suunnittelu- ja rakentamisprosessin, jonka avulla voidaan parantaa rakentamisen laatua, pienentää rakentamisen kustannuksia ja lyhentää hankkeiden läpivientiaikoja. (Eastman et al. 2008.)

Hankintojen osuus rakennushankkeiden kokonaiskustannuksista kasvaa jatkuvasti. Tyyppillisesti hankinnat muodostavat 60-80% osuuden rakennushankkeen kokonaiskustannuksista. Näin ollen hankintojen onnistumisella tai epäonnistumisella on merkittävä vaikutus koko hankkeen taloudelliseen onnistumiseen. Hankintojen merkittävän taloudellisen vaikutuksen vuoksi rakennusyrityksissä panostetaan hankintojen kehittämiseen. Hankintoihin liittyy kuitenkin vielä runsaasti epäselvyyksiä, joiden selvittämiseen kuluu ylimääräistä aikaa ja resursseja. (Junnonen & Kankainen 2012.) Tutkimuksen kohdeyrityksenä toimii Skanska Talonrakennus Oy. Yritykseen viitataan myöhemmin tutkimusraportissa nimellä "kohdeyritys". Tutkimuksen kohdeyrityksessä on toteutettu hankinnan esiselvitys vuoden 2018 aikana. Esiselvityksen lähtökohtana toimi tarve kehittää kohdeyrityksen hankintatoiminnan tietojärjestelmiä. Yhtenä näkökulmana esiselvityksessä käsiteltiin tietomallin hyödyntämistä tulevaisuudessa osana kohdeyrityksen hankintajärjestelmää. Esiselvityksen myötä esiin nousi tarve tarkemmin selvittää tietomallin hyödyntämisen mahdollisuuksia kohdeyrityksen hankintatoimessa.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Kohdeyrityksessä tehtyjen selvitysten perusteella on voitu todeta, että tietomallintamisessa on paljon potentiaalia, jota ei vielä tehokkaasti hyödynnetä. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten tietomallia voitaisiin tehokkaammin hyödyntää kohdeyrityksen hankintaprosessissa ja miten tietomallia tulisi kehittää, jotta se palvelisi hankintaprosessia paremmin. Lisäksi tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten tietomallien tehokkaampaan hyödyntämiseen ja tietomallien kehittämiseen liittyvät toimenpiteet vaikuttavat hankintaprosessin eri osapuoliin. Tutkimuksessa vastataan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Miten tietomalleja voitaisiin tehokkaammin hyödyntää hankintaprosessissa?
- Miten tietomallintamista tulisi kehittää, jotta se palvelisi hankintaa paremmin hankintaprosessin eri vaiheissa?
- Mitä tietomallien tehokkaampi hyödyntäminen vaatii hankintaprosessin eri osapuolilta?

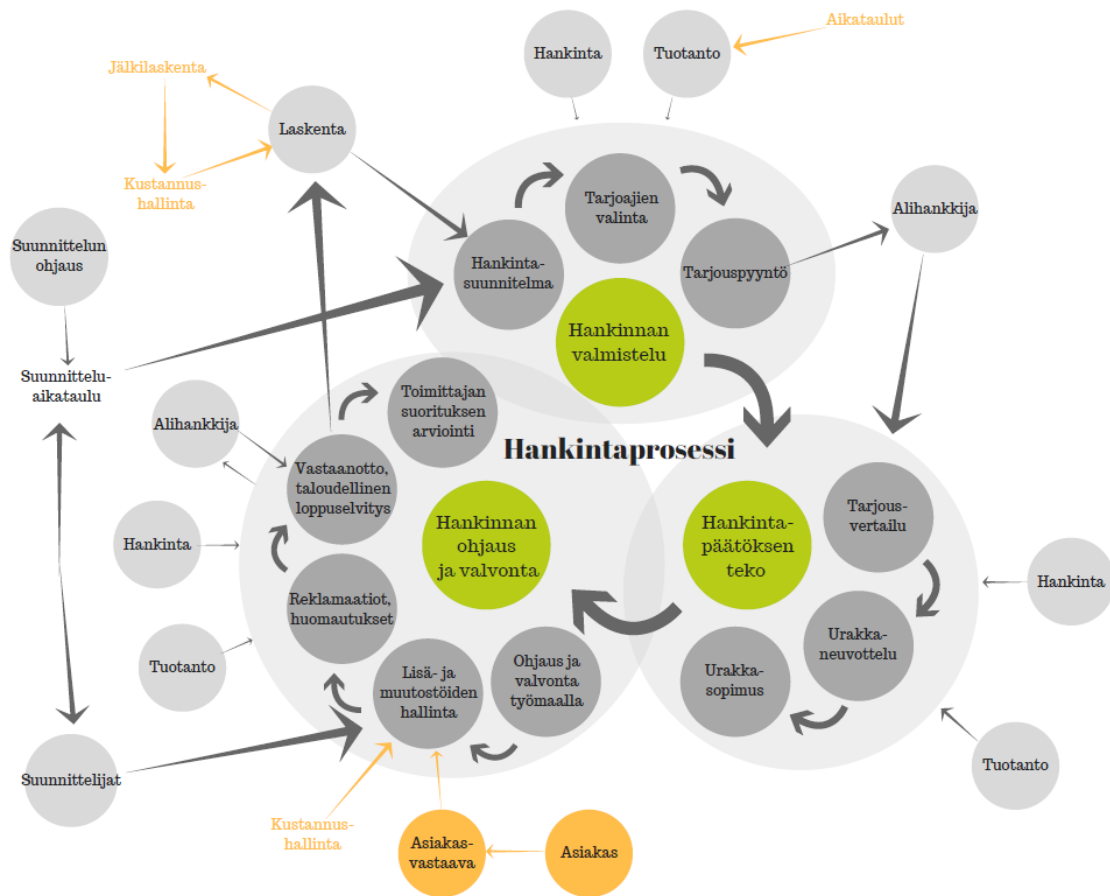
Tutkimuksen lopputuloksena saadaan selvitys tietomallien hyödyntämisestä kohdeyrityksen hankinnassa tällä hetkellä, tietomallien hyödyntämisen ja tietomallintamisen kehityskohdat, joihin panostamalla tietomallia voidaan tehokkaammin hyödyntää kohdeyrityksen hankinnassa sekä hankinnan tietomalleille asettamat määrätietovaatimukset.

1.3 Tutkimuksen rajaukset

Tutkimuksessa käsitellään kohdeyrityksen omaperusteista asuntotuotantoa eli perustajaurakointia (gryndi). Kohdeyrityksen omaperusteisessa asuntotuotannossa suunnitteluvastuu on kohdeyrityksellä, jolloin kohdeyrityksellä on parhaat mahdollisuudet vaikuttaa hankkeen suunnitteluun ja tietomallintamiseen. Lisäksi hankintanimikkeiden vaihtelevuus asuntoprojektien välillä on vähäisempää kuin esimerkiksi toimitilaprojekteissa, mikä helpottaa tutkimustulosten soveltamista käytännössä.

Kohdeyrityksen hankintatoiminta käsittää useita eri hankinnan prosesseja. Tutkimus rajataan käsittelemään operatiivisen hankinnan prosessia. Operatiivisella hankinnalla tarkoitetaan projektikohtaista hankintaa, jonka tarkoituksena on hankkia hankintanimikkeet jollekin tietylle projektille. Kohdeyrityksen operatiivisen hankinnan prosessi ja prosessin kuvaus esitetään tarkemmin tutkimusraportin luvuissa 5.1.1 Hankinta kohdeyrityksessä ja 2.3 Hankintaprosessi. Alla olevassa kuvassa on esitetty tutkimuksen rajaus operatiivisen hankinnan prosessin osalta (Kuva 1). Kuvassa on esitetty operatiivisen hankinnan

prosessi, prosessin eri osapuolet, prosessiin vaikuttavat tekijät sekä näiden väliset suhteet. Kuvaan on merkitty oranssilla värillä ne osapuolet/tekijät, jotka rajataan tutkimuksen ulkopuolelle.



Kuva 1. Tutkimuksen rajaus operatiivisen hankinnan prosessin osalta.

Kohdeyrityksen hankinnassa on tunnistettu kymmenen taloudellisesti merkittävintä hankintanimikettä. Näitä nimikkeitä käsitellään tarkemmin luvussa 5.1.1 Hankinta kohdeyrityksessä. Tutkimus rajataan käsittelemään tunnistettuja taloudellisesti merkittävimpiä hankintanimikkeitä niiden suuren kustannusvaikutuksen vuoksi. Tutkimuksessa ei käsitellä tietomallien tai tietomalliohjelmistojen kehittämistä tietoteknisestä näkökulmasta. Lisäksi tutkimuksessa käsitellään ainoastaan kohdeyrityksen käytössä olevia tietomalliohjelmistoja.

1.4 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen toteutus

Tutkimus toteutetaan laadullisena tapaustutkimuksena. Tapaustutkimuksen tavoitteena on kerätä tutkimuksen aiheeseen liittyvää tietoa case-projektin avulla. Tutkimuksessa tarkastellaan yhtä case-projektia, joka esitellään tarkemmin luvussa 5.1.2 Case-projekti ja tietomallintaminen kohdeyrityksessä. Tutkimusmenetelminä tutkimuksessa käytetään

kirjallisuustutkimusta, haastattelututkimusta ja kyselytutkimusta. Tutkimusmenetelmiä ja tutkimuksen toteutusta kuvataan tarkemmin luvussa 5. Tutkimusmenetelmät ja tutkimusaineisto. Tutkimuksen teoria perustuu kirjallisuustutkimukseen, jossa kerätään tutkimuksen kannalta olennainen aiempi tieto. Kirjallisuustutkimuksessa tarkastellaan hankinnan prosessia, tietomallintamista rakennusalan kontekstissa, tietomallintamisen periaatteita talonrakennushankkeessa sekä perustajaurakointia. Kirjallisuustutkimuksen tulokset esitetään luvuissa 2, 3 ja 4. Kirjallisuustutkimuksessa aineistoa kerätään tutkimuksen aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta, tieteellisistä julkaisuista, opinnäytetöistä sekä rakennusalaan koskevista ohjeista ja määräyksistä. Tiedonhaussa hyödynnetään erityisesti Tampereen yliopiston Andor- ja TuniLib-tietokantoja.

Tutkimuksen empiirinen osuus toteutetaan yhteistyössä tutkimuksen kohdeyrityksen kanssa. Tutkimuksen empiirinen osuus perustuu haastattelututkimukseen ja kyselytutkimukseen. Haastattelu- ja kyselytutkimuksen tulokset esitetään luvuissa 6 ja 7. Haastatteluiden avulla tutkitaan tietomallien hyödyntämisen ja tietomallintamisen kehityskohtia sekä hankinnan määrätietovaatimuksia. Haastattelututkimuksessa haastatellaan seuraavia operatiivisen hankinnan prosessin osapuolia: suunnittelijat, suunnittelunohjaus, laskenta, tuotanto, hankinta ja alihankkijat. Kaikki haastateltavat työskentelevät case-projektin parissa. Haastattelut toteutetaan haastateltavasta osapuolesta riippuen ryhmä- tai yksilöhaastatteluina. Haastatteluja varten laaditaan etukäteen haastatteluteemat jokaiselle haastateltavalle hankintaprosessin osapuolelle. Haastatteluteemat lähetetään haastateltaville etukäteen. Haastattelut nauhoitetaan ja litteroidaan tutkijan toimesta. Haastattelututkimuksen lisäksi toteutetaan maanlaajuinen kyselytutkimus kohdeyrityksen hankintahenkilöstölle. Kyselytutkimuksella kartoitetaan kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallien hyödyntämisen nykytilannetta sekä tietomallien hyödyntämisen ja tietomallintamisen kehityskohtia. Kysely toteutetaan sähköisenä verkkokyselynä Webropol-kyselytyökalun avulla.

1.5 Tutkimusraportin rakenne

Tutkimuksen johdannossa kuvataan lyhyesti tutkimuksen tausta ja tavoitteet, tutkimuksen rajaukset, tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen toteutus sekä tutkimusraportin rakenne. Tutkimuksen luvuissa 2-4 esitetään kirjallisuustutkimuksen tulokset. Luvussa 2 kuvataan hankintojen luokittelutavat, hankintojen rooli yrityksen liiketoiminnassa sekä hankintaprosessi. Luvussa 3 esitetään tietomallintamisen erityispiirteet, tietomallipohjaisen ja perinteisen suunnittelun eroavaisuudet, Yleiset tietomallivaatimukset 2012, tietomallintamisen periaatteet, tietomallipohjaisen asuntorakennushankkeen kulku vaihe vai-

heelta, tietomallien laadunvarmistuskeinot, tietomallipohjaisen määrälaskennan periaatteet sekä tietomallien käyttö perustajaurakoinnissa. Luvussa 4 käsitellään tietomallintamisen tavoitteet, tietomallintamisen hyödyt rakennushankkeen eri osapuolten näkökulmasta sekä tietomallintamisen haasteet.

Luvussa 5 kuvataan tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmät sekä tutkimusaineisto. Luvussa esitetään tarkemmin tutkimuksen strategia, tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmät sekä tutkimuksen kulku. Luvussa esitellään myös case-projekti sekä hankinnat ja tietomallintaminen tutkimuksen kohdeyrityksessä. Tutkimusraportin luvuissa 6 ja 7 esitetään haastattelututkimuksen ja kyselytutkimuksen tulokset. Luvussa 8 pohditaan tutkimuksen tuloksia vertaamalla empiirisen tutkimuksen tuloksia kirjallisuustutkimuksen tuloksiin. Luvussa 9 tehdään johtopäätökset sisältäen tutkimuksen kritiikin, vastaukset tutkimuskysymyksiin sekä ehdotukset jatkotutkimuksen kohteiksi. Johtopäätösten jälkeen kuvataan tutkimuksen lähdeluettelo sekä tutkimuksen liitteet. Liitteisiin on koottu haastattelu- ja kyselytutkimuksen materiaalit.

2. HANKINTATOIMI TALONRAKENTAMISESSA

2.1 Hankintojen luokittelu

Hankinnalla tarkoitetaan yrityksen ulkopuolisten resurssien hallintaa. Organisaation johtaminen ja toiminta vaativat erilaisia organisaation ulkopuolisia resursseja. Tällaisia resursseja ovat esimerkiksi erilaiset tuotteet ja palvelut sekä osaaminen ja tietämys. Hankinnan perimmäisenä tavoitteena on asiakkaan tarpeiden tyydyttäminen hyödyntämällä toimittajamarkkinoiden tarjoamia mahdollisuuksia organisaation kokonaisuutena maksimoivalla tavalla. (Iloranta & Pajunen-Muhonen 2015.) Yrityksen hankintatoimi perustuu yrityksen päätökseen siitä, mitä yritys päättää tehdä itse ja mitä yritys päättää ostaa ulkopuolisilta toimijoilta. Tämä on yksi yrityksen tärkeimmistä strategisista päätöksistä: päätetään keskittää yrityksen resurssit tiettyihin osaamisalueisiin ja muut tarvittavat resurssit ja osaaminen hankintaan yrityksen ulkopuolelta. (Tanskanen 2004.) Rakennus-tuotannossa hankinnalla tarkoitetaan rakentamisessa käytettävien panosten määrittämistä ja hankintaa (Junnonen & Kankainen 2012).

Yrityksen hankinnat voidaan luokitella usealla eri tavalla. Tuotantotalouden näkökulmasta hankinnat voidaan jaotella osahankintoihin, investointihankintoihin ja palveluhankintoihin. Osahankintoihin jaotellaan yrityksen tarjoamien tuotteiden valmistukseen tarvittavien materiaalien, osien ja osakokonaisuuksien hankinnat. Osilla voidaan tarkoittaa standardoituja vakiotuotteita tai mittatilaustyönä valmistettuja valmisteita tai puolivalmisteita. Osahankinnat voivat lisäksi olla aineellisia tai toiminnallisia. Aineelliset osahankinnat koostuvat pelkistä materiaalitoimituksista, kun taas toiminnallisissa osahankinnoissa osahankkija työstää tarvittavan osan tilaajan materiaaleista. Investointihankinnoilla tarkoitetaan esimerkiksi erilaisten koneiden, laitteiden ja tietojärjestelmien hankintaa. Tällaiset hankinnat ovat nimensä mukaisesti investointeja yrityksen toimintaan. Palveluhankintoihin jaotellaan erilaisten palveluiden ja tukitoimintojen hankinnat. Palveluhankintoja ovat esimerkiksi logistiikkapalveluiden ja kirjanpidon hankinta. (Tanskanen 2004.) Yrityksen hankinnat voidaan jaotella myös suoriin ja epäsuoriin hankintoihin. Suoria hankintoja ovat tuotannossa tarvittavat raaka-aineet, puolivalmisteet ja komponentit. Epäsuoria hankintoja taas ovat tuotantoon liittymättömät hankinnat, kuten henkilöstöön kohdistuvat palvelut, työkalut ja muut tuotannon tarvikkeet, energia, toimistotarvikkeet ja –kalusteet, puhelimet sekä työvaatteet. (Iloranta & Pajunen-Muhonen 2015.)

Tietomallintamisen näkökulmasta hankintoja voidaan luokitella niiden vaatiman suunnittelupanoksen perusteella seuraavasti:

1. **Made-to-stock** (MTS) – Varastotuotteet
2. **Made-to-order** (MTO) – Tilaustuotteet
3. **Engineered-to-order** (ETO) – Suunnittelua vaativat tilaustuotteet (Eastman et al. 2008).

Kahteen ensimmäiseen luokkaan kuuluvat tuotteet ovat yleistuotteita, joita ei räätälöidä eri käyttötarkoituksiin. Ensimmäiseen luokkaan kuuluvat tuotteet, joita valmistetaan varastoon. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi kipsilevyt ja standardoidut talotekniikkakalusteet. Toisen luokan tuotteita ei valmisteta varastoon, vaan ne valmistetaan asiakkaan tilauksesta. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi ovet ja ikkunat. Koska ensimmäisen ja toisen luokan tuotteet ovat yleistuotteita, monet tietomallinnusjärjestelmät mahdollistavat tuotteiden valmistajien tarjota tuotteistaan sähköisiä tuoteluetteloita, joita suunnittelijat voivat mallintamisessaan hyödyntää. Tällaisten tuotteiden valmistajat ovat harvoin tekemisissä tuotteidensa asentamisen tai kokoamisen kanssa. Kolmannen ryhmän tuotteet valmistetaan asiakkaan tilauksesta ja tuotteet vaativat suunnittelua ja mitoittamista ennen tuotannon aloittamista. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi erilaiset teräsrakenteet ja betonielementit. Kolmannen ryhmän tuotteet hankitaan yleensä alihankintana, jolloin toimitus sisältää tuotteiden suunnittelun, mitoittamisen, valmistuksen ja asennuksen. (Eastman et al. 2008.)

Rakennusallalla hankintoja voidaan luokitella esimerkiksi hankintatavan, maksuperusteen, hankintasisällön, toimittajan laaduntuottokyvyn, hankintasuhteen keston, hankinnan vaatiman suunnittelutarpeen ja hankinnan kiireellisyyden perusteella. Hankintojen luokittelu riippuu kulloinkin painotettavasta näkökulmasta. Alla olevassa kuvassa (Kuva 2) hankinnat on luokiteltu hankintasisällön ja hankinnan vaatiman suunnittelutarpeen perusteella kuuteen eri luokkaan. (Junnonen & Kankainen 2012.)

HANKINTATYYPPI		SOPIMUSTYYPPI
VAKIO	KOHDEKOHTAINEN	
Vakio rakennustuote	Kohdekohtainen rakennustuote	Hankintasopimus
Pienhankinta		
Vakioaliurakka	Kohdekohtainen aliurakka	Aliurakkasopimus
Vakiopalvelu	Kohdekohtainen palvelu	Vuokrasopimus Konsulttisopimus Suunnittelusopimus Kuljetussopimus

Kuva 2. Hankintojen luokittelu (Junnonen & Kankainen 2012).

Hankintasisällön perusteella hankinnat voidaan luokitella rakennustuotteiden, aliurakoiden ja palveluiden hankkimiseen. Nämä kolme luokkaa eroavat toisistaan hankintaan sisältyvän materiaalin osuuden perusteella. Rakennustuotteiden hankinnoissa materiaalin osuus koko hankinnasta on suurin, sillä rakennustuotehankinnoissa hankitaan yleensä pelkästään materiaalia. Materiaalin osuus koko hankinnasta on pienin palveluhankinnoissa. Palveluhankinnat eivät pääsääntöisesti sisällä ollenkaan materiaalia. Materiaalin osuus hankintasisällön perusteella luokitelluissa hankinnoissa on esitetty kuvassa (Kuva 3). (Junnonen & Kankainen 2012.) Hankinta voidaan toteuttaa myös tuoteosakauppana. Tuoteosakaupassa toimitukseen sisältyy tuotteiden suunnittelu, valmistus työmaan ulkopuolella sekä valmiiden tuotteiden asentaminen. Tuoteosakauppa voidaan tehdä projektikohtaisista tuotteista. (Ratu S-1227 2010.)

Aliurakalla tarkoitetaan hankintaa, jossa materiaali ja materiaalien asennustyö ostetaan samalta alihankkijalta. Materiaalien ja asennustyön osuuksissa voi olla suuriakin vaihte-luja urakoiden välillä. Toinen aliurakan ääripää on niin kutsuttu työurakka, jossa toimi-tukseen sisältyy ainoastaan materiaalien asennustyöt. Tällaisessa tapauksessa tilaaja toimittaa urakassa tarvittavat materiaalit. Joissain tapauksissa hankinta voi sisältää asennustyön ja materiaalien lisäksi myös palvelua. Esimerkiksi tuoteosakaupassa toimi-tukseen sisältyvät tuotteiden suunnittelu ja valmistus sekä tuotteiden asentaminen työ-maalla. Aliurakat solmitaan aliurakkasopimuksella, jossa sopimusehtona käytetään Ra-kennusalan yleisiä sopimusehtoja (YSE 1998). Aliurakassa hankkeen pääurakoitsija toi-mii Rakennusalan yleisten sopimusehtojen mukaisesti tilaajana ja urakoitsijana toimii va-likoitu alihankkija. (Junnonen & Kankainen 2012.)

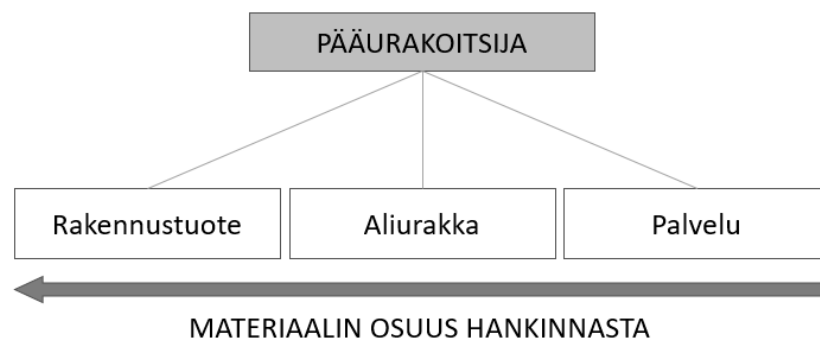
Rakennustuotteiden hankinnalla tarkoitetaan hankintoja, joissa hankitaan pääasiassa materiaalia. Rakennustuotehankintoihin voi sisältyä korkeintaan hyvin vähäinen määrä asennustyötä. Rakennustuotehankinnoista solmitaan hankintasopimus. Hankintasopimuksen mukaisesti tilaajan sopimuskumppani eli tuotteen toimittaja sitoutuu sovittua vastinetta vastaan luovuttamaan sovitun laisen tuotteen sovituksessa määrääjässä tilaajalle. Sovittu tuote voi olla yleistuote tai suunnitelmien mukaan räätälöity tuote. Yksinkertaisemmissa rakennustuotehankinnoissa tilaus voi toimia myös sopimuksena, jolloin erillistä hankintasopimusta ei tarvita. Hankintasopimuksessa käytetään sopimusehtona Rakennustuotteiden yleisiä hankinta- ja toimitusehtoja (RYHT 2000). RYHT-ehdot pohjautuvat Rakennusalan yleisiin sopimusehtoihin sekä kauppalakiin. Aliurakkasopimuksissa ei sovelleta kauppalakia, sillä urakkasopimuksen kohteena on aina työsuoritus. Hankintasopimuksessa kaupanteon kohteena on määrätty tuote ja siihen liittyy korkeintaan vähäisissä määrin työsuorituksia. (Junnonen & Kankainen 2012, s.10-11.)

Pienhankinnoilla tarkoitetaan hankintoja, joilla paikataan työmaalla viikoittain tehtävissä tarkastuksissa havaittuja puutteita. Pienhankinnat tilataan yleensä puhelimitse tai noudetaan toimittajalta. Pienhankintojen määrä tulisi pitää mahdollisimman pienenä ja niitä tulisi mahdollisuuksien mukaan pyrkiä sisällyttämään muihin hankintoihin. Pienhankintoja tehtäessä on tärkeä muistaa tarkistaa yrityksen varastotilanne kyseisen materiaalin varalta. Pienhankinnoista aiheutuvia kuljetuskustannuksia voidaan pienentää keskittämällä pienhankintojen noutoja. (Junnonen & Kankainen 2012.)

Palveluhankinnoilla tarkoitetaan erilaisten palveluiden hankkimista. Työmaalla yleisimpiä palveluhankintoja ovat erilaiset työmaapalvelut kuten nosto-, kone- ja kuljetuspalvelut sekä erilaiset asiantuntijapalvelut kuten mittaus-, suunnittelu- ja pohjatutkimuspalvelut. Palveluhankinnoissa voidaan solmia esimerkiksi vuokra-, konsultti-, suunnittelu tai kuljetussopimus. Vuokraussopimus eroaa eniten muista sopimustyypeistä. Esimerkiksi nosto- ja konepalvelut ovat yleisimpiä hankintoja, jotka voidaan hankkia vuokrasopimuksella. Nosto- ja konepalveluita voidaan hankkia myös tavallisella urakkasopimuksella. Vuokrasopimus eroaa urakkasopimuksesta vastuukysymysten ja sopimuksen osapuolten velvollisuuksien osalta. Aliurakoissa urakoitsijalla on oma työnjohto ja vastuu sovitun työtuloksen saavuttamisesta on urakoitsijalla. Vuokraustilanteissa työnjohto tulee tilaajan puolesta ja vastuu työtuloksen saavuttamisesta on myös tilaajalla. Vuokrausyritys asettaa palveluksessaan olevia työntekijöitä tilaajan käyttöön korvausta vastaan. Vuokratut työntekijät ovat työsuhteessa vuokrausyrityksen kanssa, mutta toimivat tilaajan työnjohtajan ohjauksessa. (Junnonen & Kankainen 2012, s.12-13.)

Suunnittelutarpeen perusteella hankinnat voidaan luokitella vakiohankintoihin ja projekti-/kohdekohtaisiin hankintoihin. Vakiohankinnoilla tarkoitetaan hankintoja, jotka tilataan

suoraan toimittajien vakiovalikoimista. Vakiohankinnoissa ei tarvita kohdekohtaisia suunnitelmia vaan tilauksissa täsmennetään hankinnalle halutut toimitusajat ja määrät. Kohdekohtaiset suunnitelmat vaikuttavat hankintojen tekemiseen, jos suunnitelmat edellyttävät tuotteen tai työsuorituksen teettämistä tilaustyönä. Tällöin kohdekohtaisista suunnitelmista on käytävä ilmi tuotteen tai valmiin työn rakenne sekä mitat valmistus-, kokoonpano- ja asennussuunnitelmineen. Suunnittelutarpeella on merkittävä vaikutus esimerkiksi hankintojen logistiikkaan, materiaalivirtoihin, tiedontarpeeseen ja toimittajan tuotannon ohjausperiaatteisiin. (Junnonen & Kankainen 2012.) Projektihankinnat ovat tyypillisesti kertaluontoisia eli projektikohtaisia, sillä hankinnan sisältö muuttuu eri projekteissa (Iloranta & Pajunen-Muhonen 2015).



Kuva 3. Materiaalien osuus hankinnasta (Junnonen & Kankainen 2012).

2.2 Hankintojen rooli yrityksen liiketoiminnassa

2.2.1 Hankintojen merkitys ja hankintastrategia

Hankintojen osuus rakennushankkeiden kokonaiskustannuksista kasvaa jatkuvasti. Tyypillisesti hankinnat muodostavat 60-80% osuuden rakennushankkeen kokonaiskustannuksista. Näin ollen hankintojen onnistumisella tai epäonnistumisella on merkittävä vaikutus koko hankkeen taloudelliseen ja aikataululliseen onnistumiseen. (Junnonen & Kankainen 2012.) Epäonnistuneet hankinnat aiheuttavat yritykselle ylimääräisiä kustannuksia. Huonosti aikataulutettu hankinta nostaa tuotantokustannuksia aiheuttamalla ylimääräisiä työtunteja, varastointikustannuksia ja tuotannon uudelleenjärjestelyjä. Pahimmassa tapauksessa myöhästynyt hankinta voi aiheuttaa tuotannon pysähtymisen. Onnistuneet hankinnat tukevat menestyvää liiketoimintaa alentamalla kustannustasoa ja parantamalla tuotannon toimintatasoa. (Tanskanen 2004.)

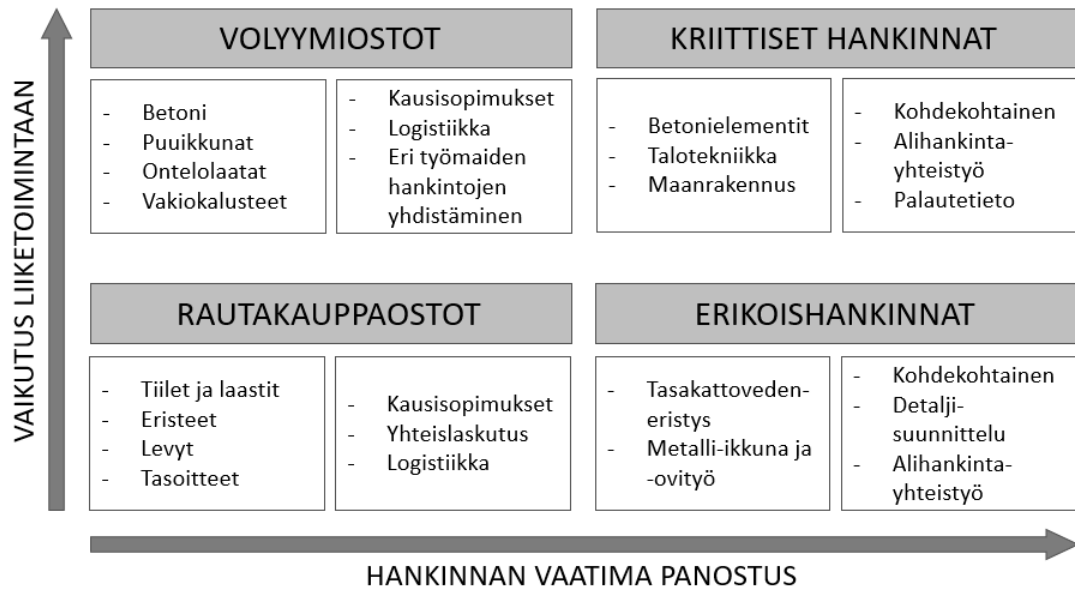
Hankintojen jatkuvuuteen voidaan vaikuttaa yritystason hankintojen suunnittelulla. Hankintastrategian määrittäminen on osa yritystason hankintojen suunnittelua. Hankintastrategia ohjaa yrityksen hankintoihin liittyviä valintoja sekä organisaation hankintapäätöksiä. Strategian tarkoituksena on pyrkiä ennaltaehkäisemään ja ennakoimaan yrityksen

hankintoihin liittyviä riskejä sekä hallitsemaan liiketoiminnassa tapahtuvia muutoksia. Yrityksen ja hankinnan tavoitteiden on oltava yhteydessä toisiinsa, jotta hankinnoilla on mahdollista tukea yrityksen toimintaa. (Junnonen & Kankainen 2012.)

Yrityksen tarve hankintastrategian määrittelylle riippuu kahdesta muuttujasta: hankinnan strategisesta merkityksestä yrityksen liiketoiminnalle sekä toimittajamarkkinoiden monimutkaisuudesta. Hankinnan strategisella merkityksellä liiketoiminnalle tarkoitetaan esimerkiksi hankinnan tuomaa lisäarvoa, hankinnasta aiheutuvia kokonaiskustannuksia sekä hankinnan vaikutuksia liiketoiminnan kannattavuuteen. Toimittajamarkkinoiden monimutkaisuutta voidaan mitata tarjonnan niukkuudella, teknologian tai materiaalien korvautumistahdilla, markkinoille pääsyn esteillä, logistiikan kustannuksilla tai monimutkaisuudella sekä markkinoiden monopoli- tai oligopolisuhteilla. Arvioimalla yhtiön tilannetta näiden kahden muuttujan suhteen, yritys pystyy määrittämään tarvitsemansa hankintastrategian. (Kraljic 1983.) Kraljicin (1983) kehittämän ostosalkkumatriisin avulla yritys pystyy tunnistamaan hankintoihin liittyvät mahdollisuudet ja riskit sekä määrittämään tarvittavat hankintastrategiat jokaiselle nimikkeelle.

2.2.2 Ostosalkkuanalyysi

Ostosalkkuanalyysin nelikenttämatriisin avulla hankinnat voidaan luokitella neljään eri luokkaan perustuen hankintojen vaikutukseen yrityksen liiketoiminnassa ja hankintojen vaatimaan panostukseen. Ostosalkkuanalyysin avulla yritysten on mahdollista määrittää nimikekohtaiset hankintastrategiat. Ostosalkkuanalyysin avulla hankinnat voidaan ryhmitellä rautakauppaostoihin, volyymioستoihin, kriittisiin hankintoihin ja erikoishankintoihin. Ostosalkkuanalyysin nelikenttämatriisi on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 4). Kuvassa on esitetty esimerkkinimikkeitä jokaisesta ryhmästä sekä nimikkeille sopivia hankintastrategioita. (Junnonen & Kankainen 2012.) Nelikenttämatriisi on oivallinen työkalu yrityksen hankintastrategian määrittämisessä. Nelikenttämatriisi on ennen kaikkea sen hetkisen tilanteen arviointityökalu, johon vaikuttaa merkittävästi esimerkiksi vallitseva markkinatilanne. (Iloranta & Pajunen-Muhonen 2015.)



Kuva 4. Ostosalkkuanalyysin nelikenttämatriisi. Mukailtu lähteestä (Junnonen & Kankainen 2012).

Rautakauppaostot vaativat vähän panostusta ja niiden vaikutus yrityksen liiketoimintaan on vähäinen. Rautakauppaostot ovat ei-kriittisiä tuotteita, jotka yleensä ovat euromäärällisesti pieniä. Oheiskulujen osuus rautakauppaostoissa on kuitenkin suuri eli hankintanimikkeen arvoon nähden nimikkeistä aiheutuu suhteellisen paljon kustannuksia. Rautakauppaostoista tärkein saatava hyöty ostohinnan sijaan on hankintojen yksinkertaisuus ja sujuvuus sekä hankintojen helppous. Rautakauppaostojen keskeisimpiä hankintastrategioita ovat kausisopimukset, yhteislaskutus ja logistiikka. Hyödyntämällä kausisopimuksia, minimoimalla hankekohtaisia logistiikkakustannuksia ja hankintojen yhteislaskutuksella pystytään alentamaan hankintojen kokonaiskustannuksia. Kausisopimus on rakennusyrityksen ja toimittajan välinen sopimus, jossa sovitaan tuotteen tai palvelun toimituksesta tiettyyn hintaan tai sovitulla alennuksella. Kausisopimusten pohjalta voidaan tehdä toimituspyyntöjä projekteille. (Junnonen & Kankainen 2012.)

Volyymiostojen vaikutus liiketoimintaan on merkittävämpi kuin rautakauppaostojen, mutta volyymiostot ovat rautakauppaostojen tapaan rutiininomaisia ja vaativat vähän panostusta. Volyymiostot ovat euromäärällisesti merkittäviä niiden suuren hankintavolyymin vuoksi. Volyymiostoissa toimittajalta vaaditaan joustavia, nopeita ja varmoja toimituksia. Volyymiostoja voidaan tehdä sekä alueellisilta että valtakunnallisilta toimittajilta, kunhan hankinnoissa kiinnitetään huomiota hankinnan hintaan ja pyritään hyödyntämään suurta hankintavolyymia. Volyymiostojen keskeisimmät hankintastrategiat ovat kausisopimukset, logistiikka ja eri työmaiden hankintojen yhdistäminen. Kuten rautakauppaostoissa, volyymiostoissakin hankintojen kokonaiskustannuksia pyritään alenta-

maan hyödyntämällä kausisopimuksia ja minimoimalla hankekohtaisia logistiikkakustannuksia. Yhdistämällä eri työmaiden volyymihankintoja, pystytään myös alentamaan hankekohtaisia hankinta- ja logistiikkakustannuksia. (Junnonen & Kankainen 2012.)

Kriittisillä hankinnoilla on nimensä mukaisesti suuri vaikutus yrityksen liiketoimintaan ja niiden hankinta vaatii suurta panostusta. Kriittiset hankinnat ovat euromäärällisesti merkittäviä ja muodostavatkin usein suurimman osan hankintojen volyymista ja hankintojen kokonaiskustannuksista. Kriittiset hankinnat ovat kriittisiä hankkeen aikataulun suhteen. Kriittisten hankintojen myöhästyminen vaikuttaa suoraan hankkeen aikatauluun, joten toimittajilta vaaditaan toimitustarkkuutta ja –varmuutta. Kriittisissä hankinnoissa keskeisiä hankintastrategioita ovat kohdekohtaisuus, alihankintayhteistyö ja palautetieto. Kriittisissä hankinnoissa tarkat toimitukset ovat keskiössä, joten toimiva yhteistyö alihankkijoiden kanssa on erityisen tärkeää. Kriittiset hankinnat ovat kohdekohtaisia, joten alihankkijoiden osaamisen hyödyntäminen ja palautetiedon kerääminen ovat myöskin tärkeässä asemassa hankintojen onnistumisen kannalta. Kriittisissä hankinnoissa toimittussisällön vakioiminen hankintanimikkeittäin on mahdollista. (Junnonen & Kankainen 2012.)

Erikoishankinnat eivät ole euromäärällisesti yhtä merkittäviä kuin kriittiset hankinnat, mutta niiden hankinta vaatii yhtä paljon panostusta yrityksen hankintaorganisaatiolta. Erikoishankinnat ovat hankintaorganisaatiolle todella kuormittavia. Erikoishankinnoissa toimitussisällön määrittelyllä ja vaihtoehtoisilla ratkaisuilla on merkittävä vaikutus hankinnan hintaan. Erikoishankinnat ovat harvoin toistuvia hankintoja, sillä ne ovat kohdekohtaisia. Erikoishankintojen keskeisissä hankintastrategioissa korostuu kriittisten hankintojen tapaan yhteistyö alihankkijoiden kanssa. Lisäksi erikoishankintojen luonteen vuoksi hankintoihin sisältyy yleensä detaljisuunnittelun tarve. (Junnonen & Kankainen 2012.)

2.3 Hankintaprosessi

Ilorannan ja Pajunen-Muhosen (2015) mukaan laaja-alainen käytännön hankintaprosessi voidaan jakaa kolmeen eri päävaiheeseen: hankinnan suunnittelu ja valmistelu, hankinnan kilpailutus sekä toimittajan sopimuksen aikainen ohjaaminen. Hankintaprosessin prosessikaavio on esitetty kuvassa (Kuva 5). Hankinnan suunnittelu ja valmisteluvaiheessa kartoitetaan toimittajamarkkinoita ja markkinoiden mahdollisuuksia sekä arvioidaan hankinnan tarpeita ja vaikutuksia hankkeen elinkaaren ajalta. Näiden pohjalta vertaillaan mahdollisia vaihtoehtoisia ratkaisuja hankintatarpeen täyttämiseksi. Erilaisten vaihtoehtojen vertailussa voidaan tarvittaessa hyödyntää alihankkijoiden osaamista. Tiilajatahon osaaminen ja ymmärrys suunniteltavasta hankinnasta helpottaa hankinnan

tavoitteiden asettamista ja hankintaan liittyvien riskien kartoittamista. Hankinnan suunnittelu ja valmisteluvaiheen lopussa valmistaudutaan hankinnan kilpailuttamiseen ja asetetaan tavoitteet toimittajan sopimuksen aikaiselle ohjaukselle. (Iloranta & Pajunen-Muhonen 2015.)



Kuva 5. Laaja-alainen käytännön hankintaprosessi (Iloranta & Pajunen-Muhonen 2015).

Kilpailuttamisprosessin päätehtävä on kokonaisedullisimman vaihtoehdon löytyminen. Tässä vaiheessa tilaajalla pitäisi jo olla hyvä käsitys mahdollisista toimittajista, joille tarjouspyyntö lähetetään. Tarjouspyyntö voidaan laatia joko hyvin rajatuksi tai avoimeksi, jolloin hyväksytään erilaiset ratkaisut ja eritasoiset tarjoukset eri toimittajilta. Saadut tarjoukset vertaillaan ja tarjousten joukosta valitaan edullisin vaihtoehto. Kilpailuttamisprosessi toimii parhaiten silloin, kun potentiaaliset toimittajat tunnetaan, toimittajamarkkinoilla vallitsee aito kilpailu, toimittajat tarjoavat samanlaisia tai täysin toisiaan vastaavia tuotteita ja palveluita, tarjousten vertailu on helppoa ensisijaisesti hinnan, mutta myös laadun ja muiden mahdollisten ominaisuuksien perusteella sekä toimittajilla ei ole yhteistyötä keskenään. Parhaimmillaan kilpailutus johtaa toimittajien toiminnan kehittymiseen ja jatkuvaan parantamiseen. (Iloranta & Pajunen-Muhonen 2015.)

Kun kilpailuttamisprosessi on saatu päätökseen ja hankintapäätös on tehty, siirrytään prosessin viimeiseen vaiheeseen. Sopimuksen aikaisella toimittajan ohjaamisella varmistetaan, että toimittajan toiminta vastaa sopimuksessa asetettuja tavoitteita. Tilaajan ja toimittajan yhteistyön edellytys on osapuolten yhteinen käsitys siitä, mitä tilaaja toimittajalta odottaa. Toimittajien sopimuksen aikainen ohjaus on usein hankinnan tehtävistä kaikista aikaa vievin. Ohjaamiseen liittyviä kiireellisiä tehtäviä ovat esimerkiksi toimituksista huolehtiminen, ongelmien selvittely, toimittajan patistaminen ja vaatiminen sekä selittäminen ja reklamointi. Tällaisia tehtäviä voidaan välttää huolellisella suunnittelulla, selkeillä sopimuksilla ja toimittajien määrätietoisella ohjaamisella. Toimitusongelmien ja erilaisten virheiden taustalla on usein toimittajan puutteellinen ohjeistus. Mitä enemmän toimittajien ohjaukseen panostetaan, sitä onnistuneempi hankinnan lopputulos voidaan saavuttaa. (Iloranta & Pajunen-Muhonen 2015.)

Junnosen ja Kankaisen mukaan hankintojen suunnittelu on osa hankkeen tuotannonohjausta. Hankintojen suunnittelun tavoitteena on saada tuotanto toteutettua asetettujen

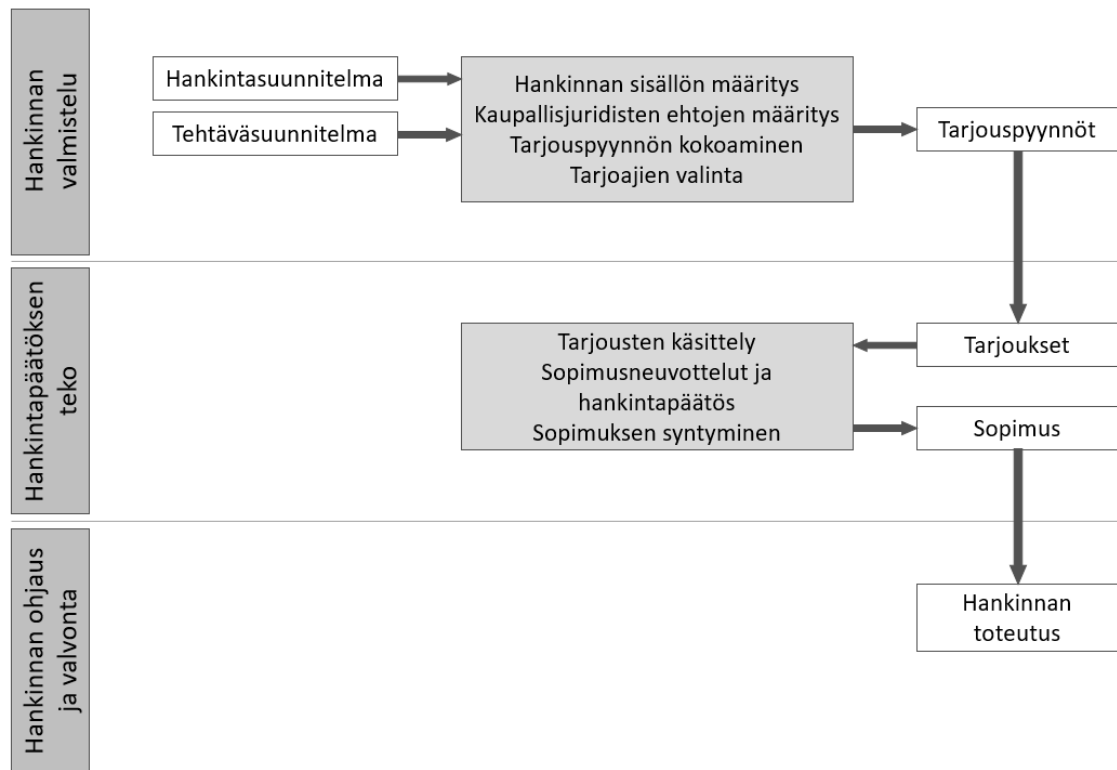
aikataulu- ja kustannustavoitteiden mukaisesti. Kuten tuotannon suunnittelua, ei hankintojen suunnitteluakaan voida tehdä kerralla valmiiksi vaadittavalla tarkkuudella. Hankintojen suunnittelu voidaankin jakaa kolmeen päävaiheeseen: tarjousvaiheen hankintojen suunnittelu, toteutusvaiheen hankintojen suunnittelu ja yksittäisen hankinnan suunnittelu. Tarjousvaiheen ja toteutusvaiheen hankintojen suunnittelun tarkoituksena on varmistaa, että tuotanto täyttää kokonaisuudessaan sille asetetut tavoitteet. Yksittäisen hankinnan suunnittelun tarkoituksena on varmistaa yksittäisen hankinnan onnistuminen. (Junnonen & Kankainen 2012.)

Tarjousvaiheen hankintojen suunnittelu sisältää alustavan hankintajaon ja hankintojen merkityksen määrittämisen sekä hankinnan suorittajan, logististen perusratkaisujen, tehtävien suoritusjärjestyksen ja lohkojaon määrittelyn. Tarjousvaiheessa määritetään alustava hankintajako eli muodostetaan hankintakokonaisuudet ja tunnistetaan kriittiset hankinnat sekä suunnitellaan työmaan logistiikan perusratkaisut. Perusratkaisuilla tarkoitetaan esimerkiksi työmaan nostoihin, siirtoihin ja varastointiin liittyviä ratkaisuja. Ennakkotarjousten pyytäminen on osa tarjousvaiheen hankintojen suunnittelua. Ennakkotarjouspyyntöjen avulla pyritään pienentämään kustannuksiin kohdistuvia riskejä. (Junnonen & Kankainen 2012.)

Toteutusvaiheen hankintojen suunnittelun päätehtävä on hankintasuunnitelman laatiminen. Hankintasuunnitelma koostuu hankintaluettelosta, hankinta-aikataulusta ja hankintavastuista. Hankintasuunnitelman laatimisen lisäksi toteutusvaiheen hankintojen suunnittelussa tarkennetaan tarjousvaiheessa määritettyjä työmaan logistiikan perusratkaisuja. Hankintasuunnitelma luodaan heti työmaan alkuvaiheessa ja se toimii hankintojen käynnistävänä herätteenä. Hankintaluetteloon on koottu hankintakokonaisuudet, joista jokaisesta tehdään oma hankintasopimus. Aikataulu ja tavoitekustannukset määräävät rajat hankintakokonaisuuksille. Hankinta-aikataulun avulla hankintojen suorittamiseen liittyvät toimenpiteet ajoitetaan siten, että yleisaikataulun toteutuminen on mahdollista. Jokaiselle hankintatehtävälle määritetään vastuuhenkilö. Erityisen tärkeää on sopia kiirehankintojen vastuuhenkilöt, sillä kiirehankinnat on käynnistettävä heti hankkeen käynnistymisen varmistuttua. Hankintasuunnitelman avulla valvotaan hankintojen oikea-aikaista toteutumista ja hankintojen kustannusten kertymistä hankkeen edetessä. (Junnonen & Kankainen 2012.)

Hankintakokonaisuudet muodostavat rungon yksittäisten hankintojen suunnittelulle. Tarjous- ja toteutusvaiheen hankintojen suunnittelussa tehdyt ratkaisut pohjautuvat kustannuslaskennan panosrakenteisiin. Panosrakenteet kuvastavat kustannuslaskijoiden ja tuotannonsuunnittelijoiden näkemyksiä hankkeen toteutuksesta. Nämä alkuvaiheessa

tehdyt oletukset hankkeen toteutustavoista saattavat erota huomattavasti lopullisista ratkaisuista, sillä toteutus on lopulta työmaan näkemyksestä varassa. Yksittäisen hankinnan hankintaprosessi voidaan jakaa kolmeen päävaiheeseen: hankinnan valmistelu, hankintapäätös ja hankinnan ohjaus ja valvonta. Hankintaprosessin vaiheet on esitetty kuvassa (Kuva 6). (Junnonen & Kankainen 2012.)



Kuva 6. Hankintaprosessin vaiheet (Junnonen & Kankainen 2012).

2.3.1 Hankinnan valmistelu

Hankintasuunnitelman hankinta-aikataulu toimii hankinnan käynnistävänä herätteenä hankinnan valmisteluvaiheessa. Hankinnan valmistelu ja tarjouspyynnön kokoaminen perustuvat kaksivaiheiseen tehtäväsuunnitelmaan. Tehtäväsuunnitelman ensimmäisessä vaiheessa kootaan tarvittavat tiedot hankintaa varten, määritetään hankinnan tavoitekustannukset ja laatuvaatimukset sekä tehdään hankinnan potentiaalisten ongelmien analyysi. Analyysin tarkoituksena on kartoittaa hankinnan mahdolliset ongelmat, jotta niitä pystytään sopimuksentekovaiheessa torjumaan. Tehtäväsuunnitelman toisessa vaiheessa kartoitetaan vaihtoehtoisia tapoja ensimmäisen vaiheen tavoitteiden ja vaatimusten toteuttamiseksi sekä tulosten parantamiseksi. Tehtäväsuunnitelman avulla tehtävässä hankinnan valmistelussa tarkistetaan hankintatehtävän sisältö, tavoitebudjetin mukainen sisältö ja määrät, hankintatehtävään sisällytettävät palvelut, hankintatehtävän ajoitus sekä hankintatehtävän aloitus- ja lopetusajankohdat, tuotantonopeus ja välitavoitteet. (Junnonen & Kankainen 2012.)

Tarjouspyyntöön vaadittavat asiakirjat kootaan hankintasuunnitelmassa määritellyn vastuuhenkilön toimesta. Selkeiden ja vertailukelpoisten tarjousten saaminen edellyttää selkeää ja yksiselitteistä tarjouspyyntöä. Tarjouspyyntöasiakirjoissa on esitettävä kaikki mahdollisesti toimittajien tarjouslaskentaan vaikuttavat tiedot. Jos tarjouspyyntöasiakirjoissa on puutteita, on tarjoajien huomio pyrittävä tarjouspyynnössä kiinnittämään erityisesti näihin seikkoihin. Tarjouspyynnön laatija on vastuussa antamistaan tiedoista. Tarjouspyynnössä on esimerkiksi selkeästi ilmaistava kohdat, joissa poiketaan alan yleisistä sopimuskäytännöistä. Tarjouspyyntö muodostaa pohjan myöhemmin laadittavalle sopimukselle ja siksi tarjouspyynnön huolelliseen laatimiseen tulee kiinnittää huomiota. Tarjouspyyntö koostuu tarjouspyyntökirjeestä ja tarjouspyynnön liitteenä olevista muista tarjouspyyntöasiakirjoista. Tarjouspyyntöasiakirjat jaetaan kaupallisiin ja teknisiin asiakirjoihin. Kaupallisissa asiakirjoissa määritetään hankintatehtävän kaupalliset ehdot ja tekniset asiakirjat koostuvat hankintaan liittyvistä suunnitelmista. Hankekohtaisten asiakirjojen lisäksi on olemassa yleispäteviä asiakirjoja, joita ei ole pakko liittää tarjouspyyntöön. Viittaaminen näihin asiakirjoihin riittää. Näiden asiakirjojen lisäksi on olemassa normeja, jotka ovat voimassa aina, vaikka niihin ei hankekohtaisissa asiakirjoissa viitattaisikaan. (Junnonen & Kankainen 2012.)

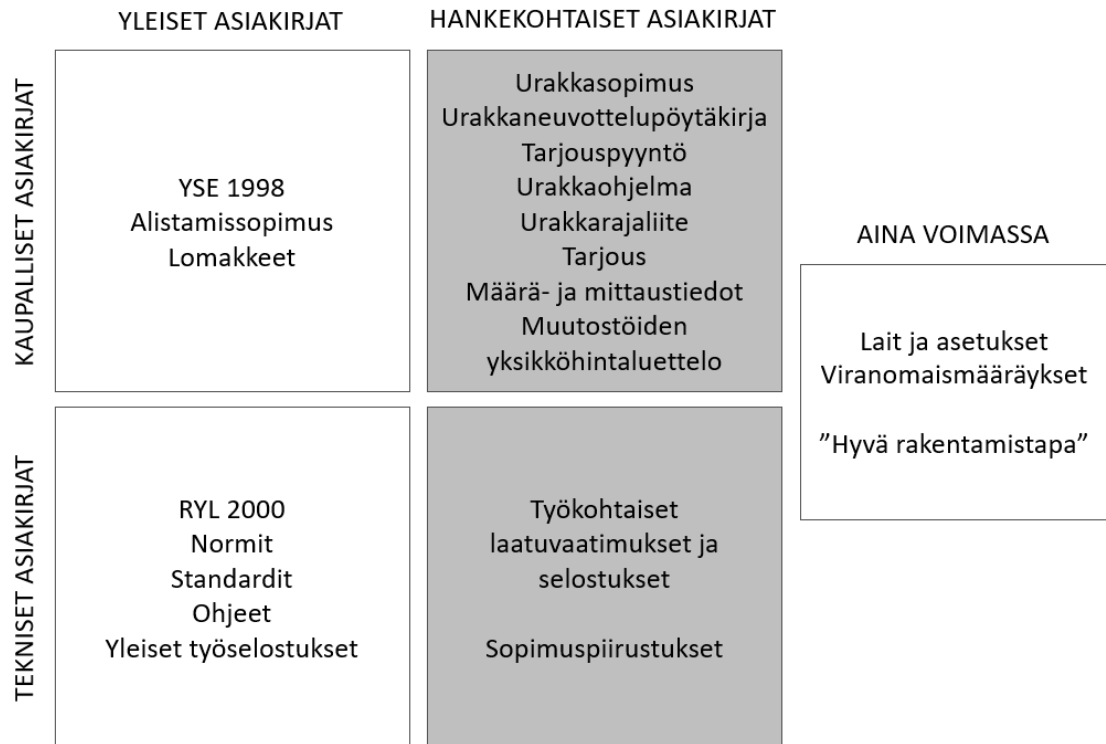
Tarjoajien valinnan tavoitteena on varmistaa riittävä tarjouskilpailu. Tarjoajien valinnan avulla kartoitetaan hankintatehtävää varten potentiaaliset tarjoajat, joiden joukosta pyritään löytämään edullisin tekijä. Tarjouspyyntö on lähetettävä tarpeeksi usealle alihankkijalle, jotta varmistetaan riittävä kilpailu. Potentiaalisia tarjoajia voidaan kartoittaa esimerkiksi yrityksen omista toimittajarekistereistä. Tarjouspyyntö lähetetään ainoastaan hyväksytyille alihankkijoille ja ennakotarjouksen antaneet alihankkijat on muistettava sisällyttää mukaan tarjouskilpailuun. Uudet ja tuntemattomat alihankkijat on syytä auditoida ennen tarjouspyynnön lähettämistä. Auditoinnissa uuden alihankkijan toimituskyky, tekninen kyky, kapasiteetti, taloudelliset tekijät ja toimintatavat tarkistetaan. Ennen tarjouspyynnön lähettämistä on hyvä tarkistaa potentiaalisten tarjoajien kiinnostus osallistua tarjouskilpailuun. (Junnonen & Kankainen 2012.)

2.3.2 Hankintapäätöksen teko

Saadut tarjoukset saatetaan vertailukelpoisiksi tarjousten käsittelyn avulla. Jotta sopimusneuvottelut voidaan pitää ja sopimuskumppani valita, tarjousten on oltava vertailukelpoisia keskenään. Tarjousten tulisi lähtökohtaisesti vastata tarjouspyyntöä ja poikkeamat tarjouksissa selvitetään. Tarjousvertailu voidaan tehdä, kun tarjoukset ovat sisällöllisesti yhteneviä. Tarjousvertailussa tarjouksia verrataan toisiinsa ja lisäksi kustannusarviosta saatuun hankinnan kustannustavoitteeseen. Päättävänä on, että hankin-

tojen kustannukset eivät ylitä niille asetettuja kustannustavoitteita. Tarjousvertailun pohjalta aloitetaan sopimusneuvottelut, joihin kutsutaan yleensä vertailun edullisin tarjoaja. Sopimusneuvotteluiden tavoitteena on varmistaa molempien osapuolien yhteinen ymmärrys sopimuksen vastuista ja velvoitteista. Sopimusneuvotteluissa käydään läpi sopimuksen sisältö ja tarjouspyyntövaiheessa mahdollisesti ilmenneet puutteet. Jos sopimusneuvotteluissa tehdään muutoksia hankinnan sisältöön, tulee muutosten näkyä myös kustannuksissa. Muuten neuvotteluissa ei urakkakilpailun periaatteiden mukaisesti neuvotella hinnasta. Sopimusneuvotteluista laaditaan pöytäkirja, joka liitetään sopimukseen. (Junnonen & Kankainen 2012.)

Lopullinen hankintapäätös tehdään tarjousvertailun ja sopimusneuvottelujen perusteella. Sopimus syntyy annetusta tarjouksesta ja tarjouksen hyväksymisestä. Sopimuksen syntyminen ei edellytä kirjallisen sopimuksen laatimista ja sopimuksen allekirjoittamista, elleivät osapuolet niin erikseen sovi. Tämän vuoksi tarjouksen hyväksymisestä on viipymättä ilmoitettava valitulle sopimuskumppanille. Aliurakoista laaditaan aliurakkasopimus ja materiaalihankinnoista laaditaan hankintasopimus (kts. luku 2.1 Hankintojen luokittelu). Aliurakkasopimukset perustuvat Rakennusalan yleisiin sopimusehtoihin (YSE 1998) ja hankintasopimukset Rakennusalan yleisiin hankinta- ja toimitusehtoihin (RYHT 2000). Sopimusasiakirjat jaetaan kaupallisiin ja teknisiin asiakirjoihin. (Junnonen & Kankainen 2012.) Tämän lisäksi sopimusasiakirjat voidaan jakaa yleisiin ja kohdekohtaisiin asiakirjoihin sekä aina voimassa oleviin asiakirjoihin. Rakennusurakan asiakirjojen jako on esitetty kuvassa (Kuva 7). (Kivioja 2014.)



Kuva 7. Rakennusurakan sopimusasiakirjat (Kivioja 2014).

2.3.3 Hankinnan ohjaus ja valvonta

Hankinnan ohjaamisen ja valvonnan tarkoituksena on varmistaa, että alihankkija noudattaa sopimuksessa sovittuja vastuuta ja velvoitteita. Aikataulu- ja laatuvaatimusten täyttyminen ovat yleisimpiä valvonnan kohteita. Sopimusosapuolet voivat vaatia toisiltaan ainoastaan sopimukseen kirjattuja asioita. Pääurakoitsija pystyy ohjaamaan aliorakoitsijoita ja tavarantoimittajia sopimuslauseiden ja maksuerien avulla. Aliurakoissa urakoitsijan ohjaaminen tapahtuu työmaakokouksissa. Työmaakokoukset ovat aliorakoitsijoiden ja pääurakoitsijan välisiä kokouksia, joista ensimmäinen on urakan aloituskokous. Aloituskokouksessa sovitaan esimerkiksi urakan aloituspäivä sekä tarkistetaan vapaat työkohteet. Aliurakoiden ajallista edistymistä valvotaan paikka-aika-kaavioilla ja vinjeteillä. Pääurakoitsija ei varsinaisesti valvo aliorakoitsijoiden työskentelyä, mutta pääurakoitsijan vastuulla on tuntea aliorakoiden tilanne ja valvoa työn sopimuksenmukaista edistymistä. Pääurakoitsija valvoo, että aliorakka alkaa ajallaan, työ etenee ongelmitta, tuotantopeus on sovitun mukainen, sovittua työjärjestystä noudatetaan, työkohteet valmistuvat oikea-aikaisesti ja työkohteet valmistuvat virheettöminä. Aliurakan laatuvaatimukset voidaan todeta mallityön avulla. Mallityönä toimii yleensä ensimmäinen työkohde. Mallityön tarkastuksessa esille tulleet mahdolliset laadulliset puutteet ja virheet korjataan.

ja niiden syyt selvitetään, jotta ne eivät toistu seuraavissa työkohteissa. Jokaisen työkohteen valmistuttua pidetään yleensä vastaanottotarkastus, jossa todetaan korjattavaksi mahdolliset virheet. (Junnonen & Kankainen 2012.)

Materiaalitoimitusten ohjaamisen ja valvonnan tarkoituksena on sopimuksenmukaisen aikataulun noudattamisen varmistaminen sekä toimitusten myöhästymisestä aiheutuvien lisäkustannusten minimoiminen. Ohjaus- ja valvontatoimenpiteet suoritetaan hankintaosaston ja työmaan yhteistyönä. Toimenpiteitä ovat esimerkiksi materiaalien tilaaminen ja sopimusten laatiminen hyvissä ajoin, toimituksen varmistaminen ennen toimitusajankohtaa, työmaasta johtuvien toimitusaikojen muutosten informoiminen toimittajalle sekä mahdollisten määrämuutosten ennakoiminen ja ilmoittaminen toimittajalle. Toimittajan tuotantoa on hyvä valvoa toimitusaikana esimerkiksi tehdaskäynneillä. Jotta toimittajia pystytään ohjaamaan, on hankintasopimukset laadittava huolellisesti. Materiaalitoimituksia ohjataan toimitusmääräysten avulla. Toimitusmääräyksessä toimittajalle ilmoitetaan halutun toimituserän sisältö ja toimituksen ajankohta. Toimitusmääräysten avulla pystytään vähentämään varastointia työmaalla sekä varaamaan toimituksen vaatimat työmaan siirtoresurssit. Materiaalitoimitusten laadunvalvonta suoritetaan materiaalin vastaanottotarkastuksessa materiaalin saavuttua työmaalle. Tarkastuksessa havaitut poikkeamat kirjataan kuormakirjaan ja merkittävästi virheelliset tuotteet palautetaan takaisin toimittajalle. (Junnonen & Kankainen 2012.)

Aliurakoitsijan virheelliseen tai sopimuksen vastaiseen työnjälkeen on puututtava pikimmiten. Virheistä on aina reklamoitava kirjallisesti, jotta virhekohtaan voidaan vedota tarvittaessa myöhemmin ja vaatia mahdollisia korvauksia. Reklamaatiolla tarkoitetaan erilaisia huomautuksia, ilmoituksia ja vaatimuksia, joita osapuolet voivat tehdä toisilleen oikeuksiensa turvaamiseksi. Jos reklamaatiota ei tehdä, vastapuoli olettaa, että toimituksessa ei ole esiintynyt ongelmia. Reklamoimatta jätettyyn virheeseen ei myöskään voida enää jälkikäteen vedota. Virheistä on aina ensin reklamoitava ennen kuin seuraamuksessa voidaan edetä pidemmälle. Niin pääurakoitsijan kuin alihankkijankin on pyrittävä sopimuksen rajoissa myötävaikuttamaan toimituksen läpiviemiseen sopimuksenmukaisesti. Työn valmistuttua pidetään vielä taloudellinen loppuselvitys, jossa selvitetään osapuolten tilisuhteet ja todetaan takuuajan alkaminen. Taloudellisen loppuselvityksen yhteydessä pidetään myös vastaanottotarkastus, jossa todetaan aiemmissa vastaanottotarkastuksissa ilmenneiden virheiden korjausten valmistuminen. Hankinnan päätyttyä on vielä tärkeää tarkastella hankinnan onnistumista palautteen muodossa. Saadun palautteen avulla pyritään hankintojen kehittämiseen ja pitkäaikaiseen yhteistyöhön alihankkijoiden kanssa. Palautetiedon tulisi olla molemminpuolista. (Junnonen & Kankainen 2012.)

3. TIETOMALLIT RAKENNUSALAN KONTEKSTISSA

3.1 Tietomallintamisen erityispiirteet

Tietomallintaminen on kokonaisvaltainen ja integroitu keino rakennushankkeen tietojen hallitsemiseen digitaalisessa muodossa (Penttilä et al. 2006). Tietomallilla tarkoitetaan tietojen kokonaisuutta digitaalisessa muodossa prosessin koko elinkaaren ajalta. Tiedon on oltava mitattavissa ja kaikkien prosessin osapuolten käytettävissä. (Eastman et al. 2008.) Tietomallintamisen avulla rakennushankkeiden suunnittelussa, rakentamisessa, käytössä ja ylläpidossa tarvittavaa tietoa pystytään hallitsemaan paremmin kuin perinteisten piirustusten avulla. Tietomallin sisältämä tieto on tarkoitettu ihmisten, tietojärjestelmien ja tietokoneohjelmien ymmärrettäväksi, kun taas perinteiset piirustukset on tarkoitettu pelkästään ihmisten ymmärrettäviksi. Rakennuksen tietomalli sisältää tietoa esimerkiksi rakennuksen tiloista, rakenteista, materiaaleista, mitoista ja määristä. (Penttilä et al. 2006.) Kolmiulotteiset mallit, jotka eivät sisällä tietoja rakenteiden mitoista tai ominaisuuksista eivät ole tietomalleja. Lisäksi tietomallissa yhteen näkymään tehtyjen mittamuutosten tulee päivittyä automaattisesti myös muihin näkymiin. (Eastman et al. 2008.)

Tietomallipohjainen suunnitteluprosessi eroaa perinteisestä suunnitteluprosessista usealla eri tavalla. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa suunnittelun tavoitteet sovitaan mahdollisimman aikaisessa hankkeen vaiheessa ja suunnittelun painopiste painottuu enemmän hankkeen alkuvaiheeseen. Lähtötietojen, suunnittelutehtävien ja suunnittelun tarkkuus sovitaan alkuvaiheessa mahdollisimman yksityiskohtaisesti, jotta tietomallia pystytään hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti. Hanke- ja luonnossuunnitteluvaiheessa rakennus mallinnetaan mahdollisimman kevyesti ottaen kuitenkin huomioon tietomallille asetetut tietosisältövaatimukset. Toteutus- ja tuotannonsuunnitteluvaiheessa tietomallipohjaiseen suunnitteluun kuluu enemmän aikaa, johtuen vaaditun tietosisällön syöttämisestä tietomalliin. Suunnitelmatulosten tekeminen tietomallipohjaisessa suunnittelussa on nopeampaa kuin perinteisessä suunnittelussa. (Penttilä et al. 2006, s.9.) Tietomallista saadaan tuotettua tarvittavat kolmiulotteiset näkymät ja havaintomateriaali, kaksiulotteiset pohja- ja leikkauskuvat sekä erilaiset detaljipiirustukset, luettelot ja kaaviot (RT 10-10992 2010). Aikasäästöt tietomallipohjaisessa suunnittelussa syntyvät esimerkiksi suunnittelijoiden välisen tiedonkulun tehostumisesta (Penttilä et al. 2006).

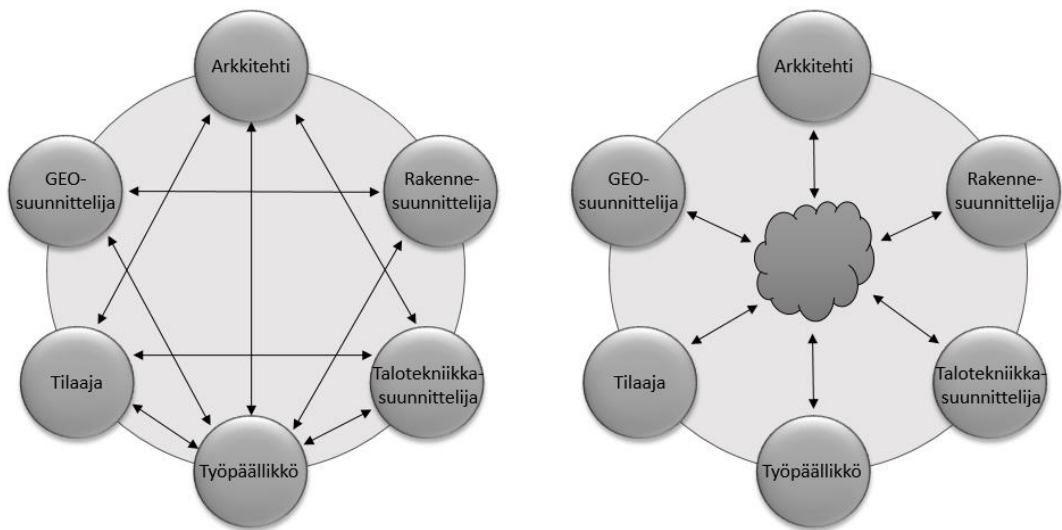
Mallintavassa suunnittelussa kaikkien suunnittelijoiden tulisi aloittaa suunnittelu samanaikaisesti, jotta mallintavan suunnittelun hyödyt saavutetaan. Rakennesuunnittelija pyrittään sitouttamaan hankkeeseen perinteistä aikaisemmin, sillä tietomallipohjainen suunnittelu antaa rakennesuunnittelijalle paremmat edellytykset rakennuksen staattisen mallin luomiseen. (Penttilä et al. 2006.) Perinteisessä piirustuksiin perustuvassa suunnitteluprosessissa rakennushankkeen dokumentoinnin merkitys kasvaa hankkeen edetessä. Siirryttäessä hankkeen vaiheesta toiseen, osa dokumentoidusta tiedosta häviää, kun tietoa siirrellään eri osapuolten välillä. Hankkeen valmistumisen yhteydessä informaatiota häviää eniten. Tietomallipohjaisissa rakennushankkeissa digitalisoitu tieto on uudelleen käytettävissä missä hankkeen vaiheessa tahansa. Perinteisissä rakennushankkeissa hankkeen edelliset vaiheet saatetaan päätökseen ennen seuraavaan vaiheeseen siirtymistä. Vastaavasti tietomallipohjaisissa hankkeissa hankkeen vaiheet limittyvät. Perinteisen rakennushankkeen ja tietomallipohjaisen hankkeen eroja on esitetty taulukossa (Taulukko 1). (RT 10-10992 2010.)

Taulukko 1. Perinteisen rakennushankkeen ja tietomallihankkeen eroja (RT 10-10992 2012; AIA 2007).

	PERINTEINEN SUUNNITTELU	MALLINTAVA INTEGROITU SUUNNITTELU
TIIMIT	<ul style="list-style-type: none"> Hajautuneita Perinteiseen hankeosapuolijakoon keskittyneitä Tottuneet toimittamaan ainoastaan pyydettyä tietoa (toimivat "pienimmän vaivan" periaatteella) Painottavat toiminnassa osapuolten välistä työnjakoa Hierarkkisesti johdettuja Perustuvat eriytyneeseen ammattitaitoon 	<ul style="list-style-type: none"> Aikaisempien hankkeiden perusteella muodostuneita Muodostetaan hankkeen keskeisistä toimijoista ja osaajista Toimittavat tarvittavaa tietoa oikea-aikaisesti Painottavat toiminnassa yhteistyökykyä Parhaiden käytössä olevien kykyjen perusteella avoimesti johdettuja Perustuvat eri osapuolten osaamisen yhdistämiseen
PROSESSIT	<ul style="list-style-type: none"> Vaikeita, erillisiä, eriytyneitä Tietoa "hamstrataan" ja se kootaan viime hetkellä Tietoa jaetaan vain pyytäjälle (maksajalle) ja vain pyydettyä 	<ul style="list-style-type: none"> Samanaikaisia, päällekkäisiä, monitasoisia Tiedon kokoamisessa ennakoidaan tulevia hankevaiheita Tietoa jaetaan avoimesti ja vapaasti tiedon tarvisijoille
RISKIT	<ul style="list-style-type: none"> Kohdistuvat yksittäisiin osapuoliin 	<ul style="list-style-type: none"> Kohdistuvat kaikkiin osapuoliin ja jaetaan tarkoituksenmukaisesti Pienenevät hankkeen hallittavuuden parantuaessa
HYÖDYT JA VOITOT	<ul style="list-style-type: none"> Mahdollisimman paljon hyötyä itselle mahdollisimman pienellä vaivalla Toiminta perustuu yleensä nopeimmin saavutettaviin voittoihin 	<ul style="list-style-type: none"> Mallintaminen hyödyttää kaikkia hankeosapuolia Suurimmat hyödyt koituvat hankkeen omistajalle ja keskeisille toimijoille Toiminta on arvoperusteista
KOMMUNIKAATIO	<ul style="list-style-type: none"> Piirustus pohjainen 	<ul style="list-style-type: none"> Tietomallipohjainen (3-, 4-, 5-ulotteinen)
SOPIMUKSET	<ul style="list-style-type: none"> Kannustavat yksipuoliseen toimintaan Pyrkivät kohdentamaan riskejä 	<ul style="list-style-type: none"> Kannustavat yhteistyöhön Edistävät ja tukevat avointa tiedonjakoa

Tietomalli mahdollistaa tiedon jakamisen hankkeen osapuolten välillä nopeammin ja luotettavammin perinteisiin piirustuksiin verrattuna. Tietomallipohjainen suunnittelu tuo lisäarvoa koko rakennushankkeelle, parantamalla hankkeen kokonaisprosessin hallintaa. (Penttilä et al. 2006.) Tietomallipohjainen suunnittelu perustuu hankkeen osapuolten tehokkaaseen ja sujuvaan yhteistyöhön, osapuolten väliseen luottamukseen sekä avoimeen tiedonjakoon hankkeen sisällä. Ihanteellisessa tietomallipohjaisessa rakennushankkeessa myös riskit ja mahdollisuudet jaetaan koko hankkeen kesken. (RT 10-10992

2010.) Kuvassa (Kuva 8) on kuvattu tiedonkulkua perinteisessä suunnitteluprosessissa ja tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa. Tietomallipohjaisen suunnitteluprosessin tarkoituksena on, että kaikki hankkeen osapuolet vaihtavat tietoa keskenään yhteisesti sovitun tiedonsiirtostandardin avulla. Osapuolet voivat työssään hyödyntää erilaisia ohjelmistoja, mutta tiedon jakaminen tapahtuu luotettavasti yhteisesti sovitun tiedonjakoprotokollan mukaisesti. (Smith & Tardif 2009.) Tietomallipohjaisissa rakennushankkeissa osapuolten välinen tiedonsiirto perustuu usein projektipankkiratkaisuun. Hankkeen dokumentit tallennetaan keskitetysti projektipankkiin, josta dokumentteja voidaan tarvittaessa hakea. (Penttilä et al. 2006.)



Kuva 8. Tiedonkulkua perinteisessä ja tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa. Perinteinen suunnitteluprosessi esitetty vasemmalla ja tietomallipohjainen oikealla. Kuva mukailtu lähteestä (Smith & Tardif 2009).

Tietomallipohjaisen suunnittelun edellytyksenä on, että tilaaja ja rakennuttaja edellyttävät hankkeessa tietomallipohjaista toimintaa, hankkeessa käytettävät ohjelmistot tukevat tietomallipohjaista tiedonkulkua ja suunnittelijat sisäistävät tietomallintamisen myötä muuttuvan roolinsa rakennushankkeessa (Penttilä et al. 2006). Tietomallipohjainen toimintatapa edellyttää kaikkien rakennushankkeen keskeisten osapuolten sitoutumista hankkeen tietomallintamiseen. Jos hankkeen omistaja ei selkeästi sitoudu hankkeen tietomallintamiseen, eivät muutkaan osapuolet sitoudu integroituun suunnitteluun. (RT 10-10992 2010.) Integroidun suunnittelun onnistuminen edellyttää yhteisten tietomallintamisen ja tiedon hallinnan yksityiskohtien sopimista ennen hankkeen aloitusta (Penttilä et al. 2006).

Tietomallimuotoisten tietojen organisoitu jakaminen ja tallentaminen edellyttävät yhteisiä tallennus- ja tiedonsiirtomuotoja sekä eri osapuolten yhteensopivien tietojärjestelmien

käyttöä. Organisoidussa tiedonsiirrossa olennaista on kaikille osapuolille yhteensopiva tiedonsiirtotapa. Tätä varten on kehitetty esimerkiksi IFC-standardi (Industry Foundation Classes), joka on eri tietojärjestelmien välille kehitetty tiedonsiirtostandardi. IFC määrittelee tietokoneohjelmistoista riippumattoman tavan kolmiulotteisen tiedon siirtämiseen ohjelmistojen kesken. IFC-tiedonsiirron avulla tietoa tuottava tai lähettävä ohjelmisto käsittelee tiedon ohjelman sisäisestä tallennusmuodosta IFC-muotoon ja vastaanottava sovellus käsittelee IFC-muotoisen tiedon vastaavasti omaan sisäiseen tallennusmuotoonsa. Todellisissa rakennushankkeissa tietoa siirretään IFC-tiedonsiirron ohella myös muilla tiedonsiirtotavoilla, kuten DWG (Drawing), DOC (Document) ja PDF (Portable Document Format). Yhteisesti sovitulla tiedonsiirtokäytännöllä pystytään nopeuttamaan rakennushankkeen kulkua. Rakennushankkeissa hyödynnetään tiedonsiirrossa nykyisin projektipankkeja, joihin hankkeen dokumentit voidaan keskitetysti tallentaa ja josta osapuolet voivat niitä tarvittaessa hakea. (Penttilä et al. 2006.)

3.2 Yleiset tietomallivaatimukset 2012

Tietomallintamisen hyödyntäminen rakennushankkeessa edellyttää hankekohtaisten painopistealueiden ja tavoitteiden asettamista tietomalleille ja tietomallien hyödyntämiselle. Rakennustieto Oy:n verkkopalveluissa on julkaistu Suomen ensimmäiset kansalliset tietomallivaatimukset, Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV2012). Alun perin Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 julkaisemat tietomallivaatimukset päivitettiin ja laajennettiin nykyiseen muotoonsa COBIM-hankkeen tuloksena vuoden 2011 aikana. (RT 10-11080 2012.) Päivittämisen tuloksena syntyivät Yleisten tietomallivaatimusten 2012 osat 1-9 ja kokonaan uusina osat 10-14 (BuildingSMART Finland 2019a). Hanketta veti Rakennustietosäätiö RTS ja se toteutettiin yhteistyössä Senaatti-kiinteistöjen, Suomen johtavien suunnittelutoimistojen, kiinteistönomistajien ja urakoitsijoiden kanssa. Hankkeen tavoitteena oli luoda rakennusosalalla kansallinen standardi. Sisältöä kehitetään jatkuvasti Rakennustietosäätiö RTS:n päätoimikunnan BuildingSMART Finlandin toimesta. (RT 10-11080 2012.)

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 koostuu 14 osasta, jotka on esitetty taulukossa (Taulukko 2). Tietomallipohjaisen hankkeen osapuolten on tunnettava oman alansa vaatimukset sekä lisäksi Osa 1. Yleinen osuus ja Osa 6. Laadunvarmistus. Projektin vetäjän tai projektin tiedonhallinnasta vastaavan henkilön on tunnettava tietomallivaatimukset kokonaisuudessaan. Yleiset tietomallivaatimukset kattavat korjaus- ja uudisrakentamiskohteet sekä rakentamisen lisäksi rakennusten käyttö- ja ylläpitovaiheet. Mallinnusvaatimuksissa esitetään tietomallien tietosisällön ja mallintamisen vähimmäisvaatimukset.

Vähimmäisvaatimukset on tarkoitettu käytettäväksi tietomallipohjaisissa rakennushankkeissa, joissa vaatimuksia halutaan hyödyntää. Vähimmäisvaatimusten lisäksi voidaan esittää projektikohtaisia vaatimuksia. Hankekohtaisten mallintamistavoitteiden ja Yleisten tietomallivaatimusten vähimmäisvaatimusten pohjalta määritellään ja dokumentoidaan projektikohtaiset tietomallivaatimukset. Tietomallivaatimukset ja mallintamisen sisältö on määriteltävä sitovasti ja yhtenevästi kaikissa projektin suunnittelusopimuksissa. (RT 10-11080 2012.)

Taulukko 2. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (RT 10-11080 2012).

Osa	Nimi
1	Yleinen osuus
2	Lähtötilanteen mallinnus
3	Arkkitehtisuunnittelu
4	Talotekninen suunnittelu
5	Rakennesuunnittelu
6	Laadunvarmistus
7	Määrälaskenta
8	Mallien käyttö havainnollistamisessa
9	Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
10	Energia-analyysit
11	Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
12	Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
13	Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
14	Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa

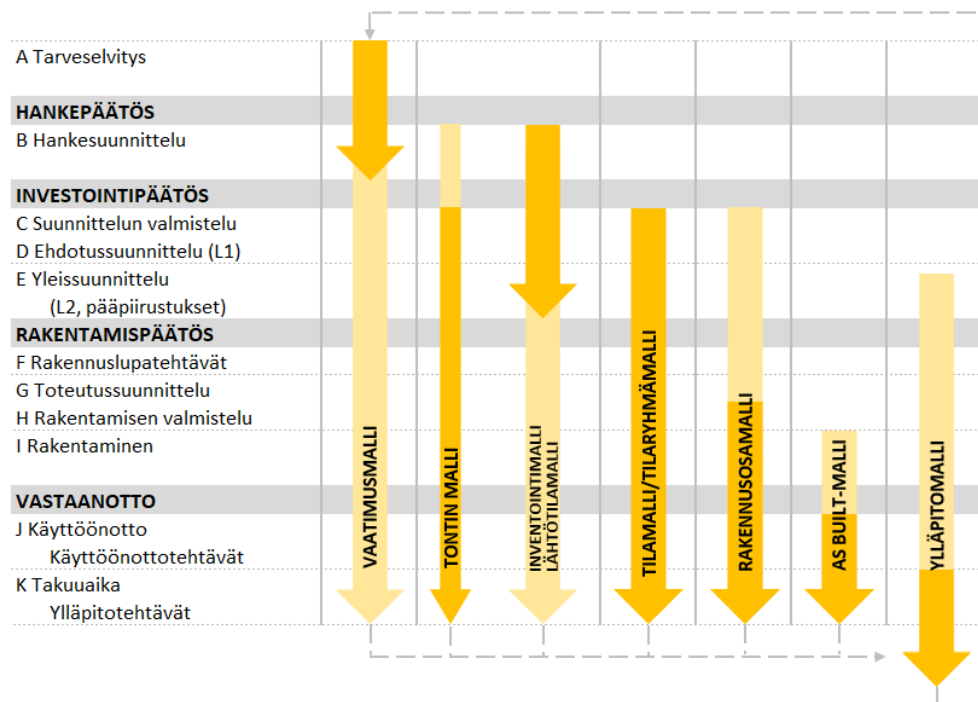
3.3 Tietomallintamisen periaatteet

Tietomallin geometria ja tietomallin tietosisältö vaihtelevat tietomallin käyttötarkoituksen ja rakennushankkeen vaiheiden mukaisesti. Myös mallintamisen tarkkuustaso riippuu tietomallin käyttötarkoituksesta ja hankkeen vaiheesta. Tietomallien tarkkuusvaatimukset voidaan jakaa kolmeen eri tasoon seuraavasti:

- Taso 1 Tietomallia on tarkoitus käyttää suunnittelijoiden väliseen kommunikointiin ja suunnitelmien yhteensovittamiseen; sijainti ja geometria on mallinnettu vaatimusten mukaisesti ja rakennusosat on nimetty kuvaavasti.
- Taso 2 Tietomallin käyttötarkoituksina ovat hanke- ja luonnosvaiheiden energia-analyysit ja rakentamisen valmisteluvaiheen rakennusosapohjainen määrälaskenta; sijainti ja geometria on mallinnettu vaatimusten mukaisesti, rakennetyypit on määriteltä ja nimetty oikein sekä tuoteosat on mallinnettu niin, että kappalemäärät ja muu oleellinen määrätieto saadaan tuotetyypeittäin tietomallista.

Taso 3 Tietomallin käyttötarkoituksina ovat työmaan aikataulutus ja hankinnat; sijainti ja geometria on mallinnettu vaatimusten mukaisesti, hankintaa varten oleelliset tiedot ovat attribuutti- tms. kenttinä rakennusosissa ja ne voidaan listata (esim. ikkuna: tyyppi, aukkomitat, dB-vaatimukset jne.). (RT 10-11068 2012.)

Tietomallien käyttö rakentamisessa ei rajoitu pelkästään rakennuksen suunnitteluun. Rakennuksen suunnittelun lisäksi voidaan mallintaa esimerkiksi rakennuksen elinkaaren eri vaiheita. Rakennushankkeessa käytettävät tietomallit voidaan jakaa neljään ryhmään: vaatimusmalleihin, suunnittelumalleihin, tuotantomalleihin ja ylläpitomalleihin. (Hietanen 2005.) Kuvassa (Kuva 9) on esitetty talonrakennushankkeen tietomallirakenne. Kuvassa käyvät ilmi erilaiset tietomallit, joita hankkeen eri vaiheissa luodaan ja käytetään. Kuvassa nuolen tummempi osa kuvaa kyseisen tietomallin käytön ajoittumista. Kuvasta nähdään, että tietomallipohjaisen hankkeen mallintamisen lähtökohtana toimii vaatimusmalli, jota seuraavat erilaiset suunnittelumallit. Mallinnuksen lopputuloksena saadaan hankkeen ylläpitomalli, joka pohjautuu tehtyihin suunnitelmiin ja *as built-malleihin* eli toteutumamalleihin. (RT 10-11068 2012.)



Kuva 9. Hankkeen tietomallirakenne (RT 10-11068 2012).

Tarveselvitysvaiheessa kartoitetaan hankkeen tilaajan ja tulevien käyttäjien tarpeet ja tavoitteet sekä asetetaan tämän pohjalta hankkeelle vaatimukset. Keskeisimmät tilavaatimukset kirjataan hankkeen *vaatimusmalliin* sähköisessä muodossa. Tässä vaiheessa tietomalli ei välttämättä ole vielä kolmiulotteinen, mutta sähköinen tieto mahdollistaa

suunnitelmien vertaamisen tilavaatimuksiin missä tahansa hankkeen vaiheessa. Vaatimusmallin on minimissään oltava taulukkomuotoinen tilaohjelma, jota voidaan hyödyntää suunnitteluratkaisujen ja ohjelman vertailussa. Tilaohjelman tulee sisältää tila- tai tilaryhmäkohtaiset pinta-alavaatimukset ja mahdolliset erityisvaatimukset. Vaatimusmallissa voidaan esittää myös koko rakennusta koskevia vaatimuksia. (RT 10-11066 2012.)

Tontin mallilla tarkoitetaan rakennuspaikan ympäristöä eli pihaa ja kasvillisuutta sekä liikenne- ja aluerakenteita. Tontti mallinnetaan samaan koordinaatistoon rakennusten kanssa. (RT 10-11068 2012.) Tontin mallissa esitetään yleensä tontin rajat ja korkeus-asema sekä tarpeelliset liittymät ympäristöön ja teknisiin järjestelmiin (RT 10-11066 2012). Tontin malli on minimissään kolmiulotteinen pintamalli, muilta osin tontti mallinnetaan sovitulla tarkkuudella. Mallintaminen tapahtuu tontilla tehtävien mittausten ja tutkimusten perusteella. (RT 10-11067 2012.) *Inventointimallia* käytetään korjausrakentamishankkeissa. Inventointimallilla tarkoitetaan olemassa olevien rakennusten tilojen ja rakennusosien mallintamista. (RT 10-11066 2012.)

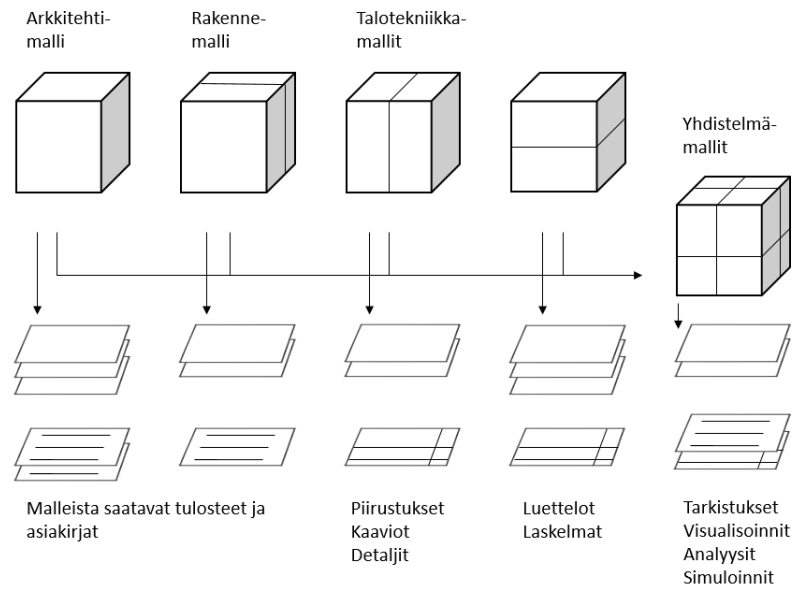
Tilamallissa esitetään rakennuksen tilat tilaobjekteina sekä rakennuksen ulkovaippa (RT 10-11066 2012). Jokaiseen tilaan on liitettävä vähintään tilan tunnus ja käyttötarkoitus. Tilalla tarkoitetaan kolmiulotteista mallinnusosaa, joka rajoittuu tilaa ympäröiviin seiniin, kattoon ja lattiaan. Tilamallia voidaan hyödyntää erilaisissa analyyseissa, kuten energiasimuloinnissa. Tätä varten rakennuksen seinät on tilamallissa jaettava vähintään ulko- ja väliseiniin sekä ikkuna-alueet on yksinkertaisesti mallinnettava. (RT 10-11068 2012.) *Tilaryhmämalli* on tilamallin erikoistapaus. Tilaryhmämallissa tilaryhmät esitetään tilaobjekteina ja rakennusmassat esitetään niiden käyttötarkoituksen mukaisesti erikseen määritetyllä tarkkuudella. (RT 10-11066 2012.)

Rakennusosamallit ja järjestelmämallit ovat keskeisessä roolissa hankkeen suunnittelussa ja tiedonhallinnassa. Arkkitehdin rakennusosamalli sisältää rakennuksen tilat ja rakennusosat tyyppitietoineen. (RT 10-11066 2012.) Rakennesuunnittelija mallintaa rakennemallin, joka sisältää kaikki rakennuksen kantavat rakenteet sekä ei-kantavat betonirakenteet. Näiden lisäksi mallinnetaan sellaiset rakennustuotteet, joiden koko ja sijainti vaikuttavat muiden suunnittelualojen suunnitelmiin. (RT 10-11070 2012.) Järjestelmämallilla tarkoitetaan talotekniikan pääjärjestelmien malleja. Jokainen pääjärjestelmä mallinnetaan omaksi tietomallikseen. Järjestelmät mallinnetaan toimivina, jotta malleja voidaan hyödyntää erilaisissa analyyseissä. (RT 10-11069 2012.) Rakennusosa- ja järjestelmämallit tarkentuvat suunnittelun edetessä alustavista malleista laskentamalleiksi ja lopulta toteutusmalleiksi (RT 10-11066 2012).

Tuotantomalli ei ole yksittäinen määritelty tietomalli, vaan yleisnimitys tuotannonohjausta varten täydennetyille malleille. Esimerkiksi neliulotteiset aikataulumallit ja työmaan alue-suunnitelman sisältämät tietomallit ovat tuotantomalleja. Samaan tuotantomalliin voidaan sisällyttää useita eri tuotantosuunnitelmia. (RT 10-11078 2012.) *Toteumamallilla* tarkoitetaan toteutusvaiheen tarkkuustasoa vastaavia rakennusosa- ja järjestelmämallia, jotka on päivitetty vastaamaan toteutunutta rakennusta (RT 10-11066 2012). *Ylläpitomalli* on yhteisnimitys tietomalleille, joita hyödynnetään rakennuksen ylläpidossa (RT 10-11077 2012).

Tietomallipohjaisissa rakennushankkeissa hankkeen osapuolten käyttämien ohjelmistojen ja tiedostomuotojen yhteensopivuus on varmistettava heti hankkeen alkuvaiheessa (RT 10-10992 2010). Lisäksi on sovittava yhteisistä tietojen tallennus- ja tiedonsiirtomuodoista (Penttilä et al. 2006), sillä tietomallintaminen perustuu avoimeen tiedonjakamiseen hankkeen osapuolten kesken (RT 10-10992 2010). Ohjelmistoriippumaton tiedonsiirto eri osapuolten välillä mahdollistetaan käyttämällä esimerkiksi IFC-tiedonsiirtostandardia, jonka avulla malleja voidaan siirtää ohjelmistosta toiseen (kts. luku 3.1 Tietomallintamisen erityispiirteet) (Penttilä et al. 2006). Eri suunnittelualojen tietomallit tallennetaan aina sekä suunnitteluohjelmien alkuperäisessä tallennusmuodossa, että avoimessa IFC-muodossa (RT 10-10993 2010). Sovellusohjelmien sisäistä tiedostojen tallennusmuotoa kutsutaan natiivimalliksi (BuildingSMART Finland 2019b). Hankkeen aikataulussa sovituissa tietomallin tarkistuspisteissä eri suunnittelualojen tuottamat tietomallit yhdistetään (RT 10-10992 2010). Tietomallia, jossa on yhdistettynä usean eri suunnittelualan tietomallit, kutsutaan yhdistelmämalliksi (BuildingSMART Finland 2019b). Tietomallien yhdistäminen tapahtuu IFC-muotoisten mallitiedostojen avulla (RT 10-11071 2012). Eri suunnittelualojen tietomallien yhdistäminen on esitetty kuvassa (Kuva 10). Natiivimalleista pystytään suoraan tuottamaan tarvittavia suunnitelma-asiakirjoja. Yhdistelmämallin avulla tehdään suunnitelmien tarkistukset, visualisoinnit ja erilaiset analyysit. (RT 10-10992 2010.)

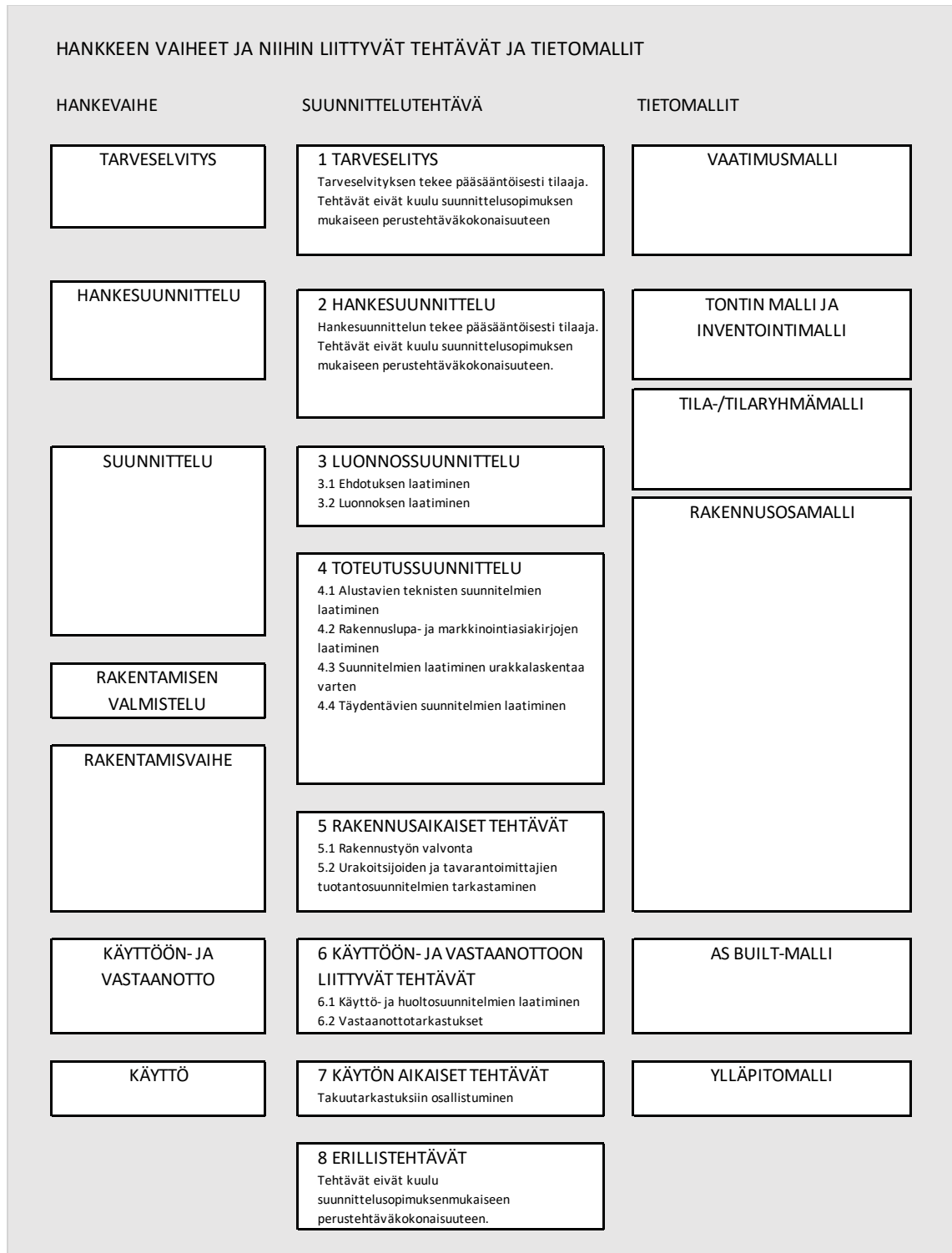
Suunnittelijoiden tietomallit



Kuva 10. Eri suunnittelualojen tietomallien yhdistäminen yhdistelmämalliksi (RT 10-10992 2010).

3.4 Tietomallipohjaisen asuntorakennushankkeen kulku

Asuntorakennushanke voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin: tarveselvitys, hankesuunnittelu, suunnittelu, rakentamisen valmistelu, rakentamisvaihe, käyttöön- ja vastaanotto sekä käyttö. Kuvassa (Kuva 11) on esitetty asuntorakennushankkeen vaiheet sekä niihin liittyvät suunnittelutehtävät. Suunnittelutehtävissä on huomioitu kaikki suunnittelualat. (RT 10-10827 2004.) Lisäksi kuvassa on esitetty hankkeen vaiheisiin liittyvät tietomallit (RT 10-11068 2012).



Kuva 11. Asuntorakennushankkeen vaiheet sekä niihin liittyvät suunnittelutehtävät ja tietomallit. Mukailtu lähteistä (RT 10-10827 2004; RT 10-11068 2012).

3.4.1 Tarveselvitys

Rakennushankkeen tarveselvitysvaihe lähtee liikkeelle joko rakennuksen omistajasta tai käyttäjästä. Tarveselvitysvaiheessa laaditaan toiminta- ja kiinteistöstrategia sekä tehdään näiden pohjalta tilanhankinnan tarveselvitys. Toiminta- ja kiinteistöstrategiassa

analysoidaan organisaation käytössä olevat nykyiset tilat sekä toiminnassa mahdollisesti tapahtuvat muutokset. (Kankainen & Junnonen 2013.) Tarveselvityksessä perustellaan tilahankinnan tarpeellisuus tai vaihtoehtoisesti perustellaan olemassa olevien tilojen muutostarve. Tarveselvityksessä kuvataan alustavasti tarvittavat tilat sekä tiloille asetetut vaatimukset, tutkitaan vaihtoehtoisia ratkaisuja rakennustarpeen tyydyttämiseksi sekä arvioidaan ratkaisujen kustannuksia. Tilantarve selvitetään karkealla tasolla tilaryhmittäin huomioiden arvioitu laajennusvara. (RT 10-11284 2017.) Tarveselvitys koostuu alustavasta tilaohjelmasta, tilojen ominaisuuksien kuvauksesta sekä toteutusaikataulusta (Junnonen & Kankainen 2013). Tilantarpeen tyydyttämiseksi on olemassa useita eri ratkaisuja, joista rakentaminen johtaa hankeprosessiin. Tarveselvitys voidaan laatia yhtä aikaa hankesuunnitelman kanssa. Tarveselvitysvaiheen tuloksena syntyy hyväksytty tarveselvitys ja hankepäätös. (RT 10-11284 2017.)

Tietomallipohjaisessa hankkeessa projektinjohto huolehtii tarveselvitysvaiheessa alustavan vaatimusmallin laadinnasta, lähtötietomallintamisen hankinnasta sekä hankkeen alkutilanteen havainnollistamisen määrittämisestä. Tarveselvityksen tavoitteena on hankepäätöksen valmistelu. Tilaajan alustavan vaatimusmallin laadinta käynnistyy tarveselvitysvaiheessa. Tarveselvitysvaiheessa laaditaan lähtötietomallintamisen tarjouspyyntö, jossa määritellään mallinnettavien lähtötietojen hankintatapa, mittausmenetelmä, tulosten tarkkuustaso ja eri osapuolten tehtäväjako. Mallinnuksen tarkkuustasosta riippuen voi erityisalojen suunnittelijoiden konsultointi olla tarpeen. Tarveselvitysvaiheessa laaditaan lisäksi mahdolliset purkutyötarjouspyynnöt ja päätetään suunnitelmatietojen jatkokäytöstä, kuten tiedonsiirrosta. Tarveselvitysvaiheen tehtäviä voidaan sisällyttää myös hankesuunnitteluvaiheeseen. (RT 10-11076 2012.)

3.4.2 Hankesuunnittelu

Hankesuunnitteluvaiheessa selvitetään ja arvioidaan rakennushankkeen perusteet ja tarpeet sekä näiden edellyttämät toteutusmahdollisuudet. Hankesuunnittelun tarkoituksena on tarkentaa lähtötietona toimivan tarveselvityksen alustava tilaohjelma, tilojen ominaisuuksien kuvaukset ja toteutusaikataulu varsinaiseksi suunnitteluohjeeksi. (Junnonen & Kankainen 2013.) Hankesuunnitteluvaiheessa asetetaan täsmälliset rakennushankkeen laajuutta, toimivuutta, laatua, kustannuksia, aikataulua ja valmiin rakennuksen ylläpitoa koskevat tavoitteet sekä määritellään rakennuspaikka ja rakennushankkeen toteutustapa. Hankesuunnittelun tavoitteena on tasapainon löytäminen hankkeen tavoitteiden ja lähtötietojen välille. Hankesuunnitteluvaiheen lopputuloksena syntyy hankesuunnitelma ja hankkeen investointipäätös. Hankesuunnitelma koostuu projektiohjelmasta ja hankeohjelmasta. Projektiohjelma sisältää hankkeen läpiviennille asetetut ta-

voitteet ja hankeohjelma suunnittelulle asetetut tavoitteet. Hankesuunnitelma sisältää tilaajan investointipäätöstä varten tarvitsemat hanketta koskevat tiedot sekä rakennussuunnittelun tavoitteet. (RT 10-11284 2017.)

Tietomallintamisen näkökulmasta hankesuunnitteluvaiheen tavoitteena on investointipäätöksen valmistelu. Hankesuunnitteluvaiheen tuotoksia ovat valmiit vaatimusmallit, kuvaus projektin tietomallinnuksesta ja sen laajuudesta, projektiin nimetty tietomallikoordinaattori, karkea tietomallinnussuunnitelma, alustava arkkitehdin tila- tai tilaryhmämalli, alustavat energia-analyysit sekä riskianalyysi. Vaatimusmalli voi olla käytettävistä työkaluista riippuen joko tietomallipohjainen tai taulukkomuotoinen tilaohjelma. Tilaaja määrittää vastuuhenkilöt vaatimusmallien ylläpidolle ja vaatimusmallia päivitetään aina vaatimusten muuttuessa. Tietomallikoordinaattori nimitetään hankkeeseen joko hankesuunnittelu- tai suunnittelun valmisteluvaiheessa hankkeen vaativuustasosta riippuen. Tietomallinnuksen onnistumisen kannalta on kuitenkin tärkeää, että tilaaja määrittelee hankkeen tietomallintamisen periaatteet ja laajuuden joko hankesuunnitelmaan tai alustavaan tietomallinnussuunnitelmaan. (RT 10-11076 2012.) Hankesuunnitteluvaihe sisältää myös lähtötietomallien laatimisen. Uudisrakennuskohteissa lähtötietomalli käsittää tontin mallin ja korjausrakennuskohteissa olemassa olevien rakennuksien inventointimallin. Arkkitehdin alustavan tilamallin avulla voidaan hankesuunnitteluvaiheessa tutkia erilaisia suunnitteluvaihtoehtoja ja niiden kustannuksia sekä esimerkiksi rakennuksen energiatehokkuutta erilaisten analyysien avulla. (RT 10-11068 2012.)

3.4.3 Suunnittelu

Suunnittelulla on suuri vaikutus rakentamisen laatuun ja kustannuksiin. Tilaaja luo edellytykset suunnittelulle tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheissa sekä ohjaa suunnittelua. Hankesuunnitelma toimii suunnittelijoiden työn lähtökohtana. Rakennussuunnittelu on eri suunnittelualojen yhteistyötä. Tavallisessa rakennushankkeessa suunnitteluryhmään kuuluvat arkkitehti, rakennesuunnittelija, geosuunnittelija ja talotekniikkasuunnittelijat. Suunnittelun organisointi on merkittävä osa suunnittelunohjausta. Keskeisintä suunnittelun organisoinnissa on saada kuhunkin suunnittelutehtävään riittävä asiantuntemus sekä varmistaa suunnittelun yhteensopivuus. (Junnonen & Kankainen 2013.) Rakennushankkeen suunnitteluvaihe voidaan jakaa suunnittelun valmisteluun, ehdotussuunnitteluun, yleissuunnitteluun, rakennuslupatehtäviin ja toteutussuunnitteluun (RT 10-11284 2017). Ehdotussuunnittelu ja yleissuunnittelu vastaavat aiempia luonnossuunnittelun vaiheita L1 ja L2 (Ehdotussuunnittelu L1, Luonnossuunnittelu L2) (Koskenvesa & Sahlstedt 2017; Äyräväinen 2014).

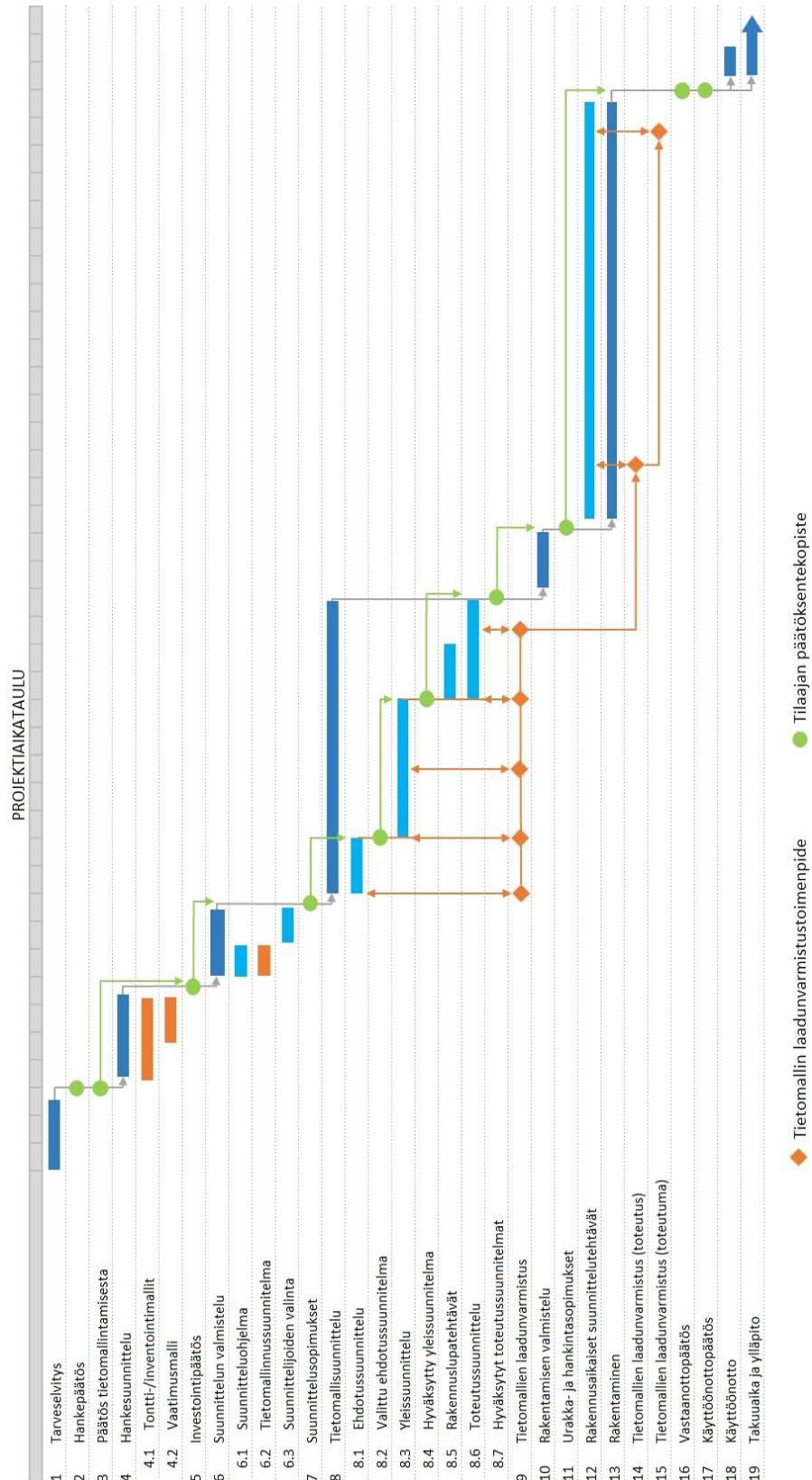
Suunnittelun valmisteluvaiheessa tarkistetaan ja täsmennetään aiemmissa vaiheissa asetetut tavoitteet, organisoidaan suunnittelu, laaditaan suunnitteluohjelma, tarkennetaan tietomallinnussuunnitelma, laaditaan suunnittelun aikataulu, määritetään laadunvarmistusmenetelmät, kilpailutetaan suunnittelu, käydään neuvottelut ja valitaan suunnittelijat. Suunnittelun valmisteluvaiheen tuloksena saadaan suunnittelusopimukset. Suunnittelun organisoinnilla tarkoitetaan suunnittelun johtamista ja suunnitteluryhmän toimintamallin määrittämistä. Tavallisin toimintamalli on pääsuunnittelu ja alistettu erityisalojen suunnittelu. Projektin johto määrittää tietomallintamisen käyttötarkoituksen, osapuolten tietomallinnustehtävät, tietomallin sisällön ja tarkkuustason. Tietomallinnuksen tavoitteet ja vaatimukset mallintavalle suunnittelulle täsmennetään tietomallinnussuunnitelmaan. Suunnittelutarjouspyyntöihin sisällytetään hankesuunnitteluvaiheessa asetetut vaatimukset sekä tietomallin käyttötarkoitukset, tietomallinnustehtävät, vastuut ja velvollisuudet. Tietomallien laadunvarmistus käsittää suunnitelmien tietoteknisen laadun varmistamisen, tietomallien törmäystarkastelun sekä tietomallien tietosisällön riittävyyden varmistamisen vaatimuksiin nähden. Laadunvarmistusmenetelmät määrittelee tietomallikoordinaattori. (RT 10-11076 2012.)

Suunnitteluajatauluun merkitään tietomallien laadunvarmistuspisteet, joissa tietomallien laatua tarkastellaan kattavammin. Suunnitelmien yhteensovittamista suoritetaan jatkuvasti suunnittelutyön edetessä suunnittelijoiden toimesta. Tietomallien laadunvarmistuspisteet edeltävät yleensä tilaajan tekemiä päätöksiä. Tietomallipohjainen suunnittelu eroaa perinteisestä suunnitteluprosessista. Tietomallipohjaisen suunnittelun aikatauluukselle ei ole olemassa vakiintunutta käytäntöä. Tietomallipohjaista suunnittelua rytmittävät tietomallien yhteensovittamiseen ja laadunvarmistamiseen vaaditut ajanjaksot. Suunnitteluajataulun laatimisessa on otettava lisäksi huomioon tilaajan päätöksentekopisteet sekä tietomallien tietosisällön riittävyys ja toimituksen oikea-aikaisuus näitä pisteitä varten. Suunnitteluajataulun laatii pääsuunnittelija yhdessä muiden suunnittelijoiden kanssa. Suunnitteluajataulun hyväksyy tilaaja. Kuvassa (Kuva 12) on esitetty esimerkki tietomallisuunnittelun aikataulusta, jossa on huomioitu tietomallin laadunvarmistustoimenpiteet ja tilaajan päätöksentekopisteet. (RT 10-11076 2012.) Oikein mitoitettu suunnittelun aikataulu on keskeinen suunnittelunohjauksen työkalu (Koskenvesa & Sahlstedt 2017).

Valmistelun jälkeen suunnittelu käynnistetään kaikkien suunnittelualojen osalta. Tietomallisuunnittelun aloituskokouksessa sovitaan hankkeen yhteiset tietomallisuunnittelun pelisäännöt. (RT 10-11076 2012.) Suunnittelunohjauksen tehtävä on varmistaa, että suunnittelu johtaa asetettuihin tavoitteisiin ja tuottaa toiminnallisesti, taloudellisesti, esteettisesti, teknisesti ja ympäristöllisesti hyväksyttävät suunnitelmat (RT 10-11284 2017).

Ehdotussuunnitteluvaiheessa laaditaan vaihtoehtoiset suunnitteluratkaisut hankkeen tavoitteiden täyttämiseksi. Ehdotussuunnitteluvaiheen lopputuloksena saadaan päätös valitusta ehdotussuunnitelmasta, joka toimii jatkosuunnittelun pohjana. (RT 10-11284 2017.) Sopivaa perusratkaisua etsitään arkkitehdin tila- tai tilaryhmämallien avulla. Vaihtoehtoisten tietomallien avulla vertaillaan eri ratkaisujen laajuus-, kustannus- ja elinkaarimomenteja sekä varmistetaan rakennuksen energiatalous. Tilamallia voidaan hyödyntää myös kohteen havainnollistamiseen sekä tilapohjaisen tavoitehinta-arvion laatimiseen. Vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja verrataan vaatimusmalliin. (RT 10-11076 2012.) Suunnittelun edetessä tilamalli yhdistyy rakennusosamalliin (RT 10-11068 2012).

Yleissuunnitteluvaiheessa aiemmin laadittu ehdotussuunnitelma kehitetään toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi. Yleissuunnitelma käsittää sekä rakennettavan kohteen kiinteän perusosan, että muuntuvien tilojen suunnittelun. Yleissuunnitelmassa voi olla useita vaihtoehtoisia tilaratkaisuja. Yleissuunnitteluvaiheen lopputuloksena saadaan hyväksytty yleissuunnitelma ja hankkeen pääpiirustukset. (RT 10-11284 2017.) Pääpiirustukset tuotetaan rakennusosamallista (RT 10-11068 2012). Lisäksi yleissuunnitteluvaiheessa laaditaan alustava rakennusosapohjainen kustannusarvio ja alustava 4D-aikataulu. Yleissuunnitteluvaiheen tietomallit sisältävät jo suurimman osan toteutussuunnitteluvaiheessa tarvittavasta tietosisällöstä. (RT 10-11076 2012.)



Kuva 12. Esimerkki tietomallisuunnittelun aikataulusta (RT 10-11076 2012).

Rakennuslupatehtäviin sisältyy hankkeen edellyttämien rakennuslupamenettelyiden selvittäminen, pääpiirustusten hyväksyttävyyden varmistaminen sekä rakennuslupahake-

muksen laatiminen. Rakennuslupatehtävien lopputuloksena saadaan rakennuslupahakemus asiakirjoineen sekä viranomaisen rakennuslupapäätös. (RT 10-11284 2017.) Toteutussuunnitteluvaiheessa aiemmin laadittu yleissuunnitelma kehitetään mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi tuotantoa ja hankintaa varten. Toteutussuunnitteluvaihe sisältää tuote- ja järjestelmäosasuunnittelun. Toteutussuunnittelun lopputuloksena saadaan hyväksytyt toteutussuunnitelmat. (RT 10-11284 2017.) Toteutussuunnitteluvaiheessa tietomalleja tarkennetaan rakentamisen vaatimaan tarkkuustasoon tarjouslaskentaa varten (RT 10-11076 2012). Toteutussuunnittelun urakkalaskenta-/työpiirustusvaiheessa tehdään lopullinen rakennusosamalli. Rakennusosat esitetään tietomallissa rakennusselostuksen mukaisin tyyppitiedoin. Rakennusosia ei vielä tässä vaiheessa mallinneta tietyn toimittajan tuotteilla, jos ei toisin ole sovittu. (RT 10-11068 2012.) Toteutussuunnitteluvaiheen tuotoksena saadaan lisäksi tietomallipohjaiset määräluettelot ja tarkennettu kustannusarvio (RT 10-11076 2012).

3.4.4 Rakentamisen valmistelu

Rakentamisen valmisteluvaiheen tarkoituksena on organisoida rakentaminen, kilpailuttaa hankinnat, käydä tarvittavat sopimusneuvottelut ja tehdä urakka- ja hankintasopimukset. Vaiheen lopputuloksena saadaan hankkeen rakentamispäätös ja urakoitsijavalinnat. (RT 10-11284 2017.) Lisäksi määritetään urakoitsijoiden tietomallinnustehtävät, laajuus ja velvoitteet ja ne kirjataan urakkaohjelmaan. Rakentamisen valmisteluvaiheessa voidaan urakkalaskentavaiheessa lähettää urakoitsijoille IFC-muotoinen tietomalli tai tietomallista tuotettuja määräluetteloita tarjouspyynnön liitteenä. Tietomallien ja tietomallipohjaisten määräluetteloiden luovuttamiseen urakoitsijoille liittyy kuitenkin vastuukysymyksiä esimerkiksi tietomallien tietosisällön oikeellisuuteen liittyen. Tästä syystä tietomallit ja määräluettelot luovutetaan urakoitsijoille yleensä sitoumuksetta. Urakoitsijavalinnassa on otettava huomioon urakoitsijan pätevyys ja kokemus tietomallintamiseksi, jos urakoitsijan oletetaan hyödyntävän tietomalleja urakkalaskennassa tai työn suorituksessa. (RT 10-11076 2012.) Urakkaneuvotteluvaiheessa pidetään suunnitelmien katselmoinnin yhteydessä tietomallikatselmus, jossa todetaan käytössä olevat tietomallit sekä niiden pääsisältö, käyttötarkoitus ja valmiusaste (RT 10-11078 2012).

Rakentamisvaiheessa suunnitelmiin tehdään usein vielä muutoksia. Rakentamisen valmisteluvaiheessa on sovittava toimintatavat ja vastuuhenkilöt suunnitelmapäivitysten dokumentointia ja toteumamalleihin viemistä varten. Projektinjohdon tehtävä on määrittää huolto- ja luovutusaineistojen tuottamisen laajuus ja roolit. Nämä määrittelyt sisällytetään laadittaviin urakka- ja hankintasopimuksiin. Jotta tietomalleja voidaan hyödyntää rakennuksen huollon ja ylläpidon sekä muutostöiden työkaluna, tietomallin on vastattava to-

teutunutta rakennusta. (RT 10-11076 2012.) Kun suunnittelu on tilaajan vastuulla, urakoitsija on yleensä velvollinen toimittamaan tuotannon toteumatiedot suunnittelijoille, jotka laativat kohteen toteumamallit. Urakoitsijan velvoitteet toteumatiedon toimittamiseen liittyen tulee esittää urakan tarjouspyynnössä. Tuoteosakaupassa toimittaja vastaa oman tuotteensa toteumamallista, jonka esimerkiksi pääsuunnittelija yhdistää suunnittelijoiden toteumamalleihin. (RT 10-11078 2012.)

3.4.5 Rakentamisvaihe

Rakentamisvaiheessa rakennetaan suunniteltu rakennus. Rakentamisen on toteutettava sopimuksenmukaisesti, täytettävä asetetut tavoitteet ja vaatimukset sekä tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet. (RT 10-11284 2017.) Rakennus rakennetaan suunnitelma-asiakirjojen, tietomallien ja rakennusaikaisten suunnitelmamuutosten mukaisesti (RT 10-11076 2012). Aikataulunseurannalla valvotaan rakentamisen etenemistä ja kohteen valmistumista aikataulun mukaisesti. Valmiin rakennuksen suunnitelmienmukaisuus, toiminta ja valmistuminen tarkistetaan ja todetaan vastaanotossa. Rakentamisvaiheen lopputuloksena saadaan vastaanottopäätös. (TR 10-11284 2017.) Tietomallikoordinaattorin tehtävänä on huolehtia eri osapuolten toteumatietojen toimittamisesta sopimusten mukaisesti (RT 10-11076 2012). Rakentamisvaiheen tietomallinnuksen aloituspalaverissa käydään läpi käytössä olevat tuotantomallit ja niiden käyttötarkoitus ja laadunvarmistus sekä sovitaan rakentamisvaiheen yhteiset tietomallinnusmenettelyt (RT 10-11076 2012).

Tietomalleja hyödynnetään tuotannossa rakentamisen aikana työn ohjaamisessa ja aikataulun hallinnassa. Tietomallien tarkkuustaso rakentamisvaiheessa sovitaan tuotannon tarpeiden mukaan. Rakentamisenaikaiset suunnitelmamuutokset päivitetään rakennusosamalliin/tuotantomalliin. Työmaasta ja urakoitsijasta riippuen suunnitelmia tarkastellaan joko tietomallin tai paperisten suunnitelmien avulla. (RT 10-11068 2012.) Tietomallien avulla pystytään tehostamaan tuotannon prosesseja. Työmaalla tietomalleja voidaan hyödyntää esimerkiksi kokonaisuuden hahmottamiseen, aloitus- ja urakoitsijapalaverissa, hankinnoissa, määrälaskennassa, mittatietojen tarkastamisessa, työmaa-alueen käytön ja logistiikan suunnittelussa, konepaja- ja elementtituotannossa, työturvallisuuden suunnittelussa ja riskien arvioinnissa, rakennustelineiden suunnittelussa sekä 4D-aikatauluhallinnassa. (RT 10-11076 2012.)

3.4.6 Käyttöönotto ja ylläpito

Käyttöönottovaiheessa varmistetaan rakennuksen järjestelmien toimivuus ja annetaan kohteen käytönopastus (RT 10-11284 2017). Käyttöönoton lopputuloksena saadaan käyttöönottopäätös (RT 10-11076 2012). Käytönopastuksessa voidaan hyödyntää tieto-

malleja havainnollistavana työkaluna tuleville käyttäjille. Suurilta osin luovutusasiakirjamenettelyt toimivat tietomallipohjaisessa hankkeessa samaan tapaan kuin perinteisessäkin rakennushankkeessa, lukuun ottamatta toteumamalleja. (RT 10-11076 2012.) Kohteen valmistuttua rakennusosamallit päivitetään vastaamaan toteutunutta rakennusta (as-built). Toteumamalleja voidaan hyödyntää esimerkiksi tilahallinnan, kiinteistön ylläpidon ja rakennuksen käytönaikaisten muutosten hallinnan pohjana. (RT 10-11068 2012.) Kiinteistöhuoltoon tarkoitettuja tietomallisovelluksia on jo olemassa. Projektinjohto nimeää vastuuhenkilön huoltokirjan organisoimiseen. Vastuuhenkilö varmistaa yhdessä tietomallikoordinaattorin kanssa, että kiinteistöhuoltoon luovutettavat tietomallit vastaavat huoltokirjavaatimuksia. Käyttöönottovaiheen tuotoksena syntyy valmis huoltokirja. (RT 10-11076 2012.)

Rakennuksen takuuajana ja ylläpidossa pidetään takuuaikaiset tarkastukset, korjataan tarkastuksissa mahdollisesti ilmenevät puutteet, tehdään takuuaikaiset säädöt ja seurataan rakennuksen ja sen järjestelmien toimivuutta. Takuuajan päätyttyä saadaan päätös takuuajan velvoitteiden hyväksymisestä ja palautuksena takuuaikainen vakuus. (RT 10-11284 2017.) Tietomallien osalta takuuajana huolehditaan tietomallien siirtämisestä käytön ja ylläpidon aikaisiin järjestelmiin. Tietomallit jäävät rakentamisen jälkeen tilaajan käyttöön ja niitä on tarkoitus päivittää koko kohteen elinkaaren ajan. (RT 10-11076 2012.) Ylläpidossa tietomalleja voidaan käyttää esimerkiksi vuokrattavien neliöiden hallintatyökaluna. Lisäksi aiemmin tehtyjä tietomallipohjaisia simulointeja voidaan verrata toteutuneisiin olosuhteisiin. (RT 10-11068 2012.)

3.5 Tietomallien laadunvarmistus

Tietomallien laadunvarmistuksella tarkoitetaan suunnitelmien laadun parantamista. Laadunvarmistuksen tavoitteena on parantaa suunnittelijoiden omien suunnitelmien laatua, eri osapuolten välistä tiedonsiirtoa, rakentamisen aikataulua ja kustannusten ennustettavuutta. Tällä tavoin pystytään kokonaisuudessaan tehostamaan hankkeen suunnitteluprosessia ja vähentämään työmaa-aikaisten muutosten tarvetta. Ongelmien havaitseminen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa on tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa yksi tärkeimmistä tavoitteista. Tietomallipohjaisen laadunvarmistusprosessin, tietomallien tarkastamisen ja analysointien avulla pystytään jo varhaisessa vaiheessa saamaan kattava kokonaiskuva rakennuksesta. Tietomallipohjaisten suunnitelmien laadun parantaminen tapahtuu yhteistyössä tilaajan ja suunnittelijoiden kesken. Laadunvarmistusprosessissa tilaajan on pystyttävä valvomaan hankkeen etenemistä ja toteutuksen vastaamista asetettuihin tavoitteisiin. Tietomallintaminen on osa normaalia suunnitteluprosessia, joten suunnittelijat ovat vastuussa suunnitelmien ja tietomallien laadusta.

Suunnitteluryhmän kannalta tärkeintä on suunnitelmakokonaisuuden toimivuus. (RT 10-11071 2012.)

Suunnitelmien laadun parantaminen perustuu suunnitelmien laadun jatkuvaan tarkkailuun. Suunnitelmien laadunvarmistus tapahtuu laadunvarmistusprosessin tarkastuspisteissä. Suunnittelun laadunvarmistuspisteet on esitetty kuvassa (Kuva 13). Suunnitelmien laadunvarmistusta suoritetaan säännöllisesti sekä suunnittelukokousten ja erikseen määriteltyjen projektikohtaisten tarkastuspisteiden yhteydessä. Laadunvarmistusprosessi koostuu kolmesta päätehtävästä, jotka jaetaan suunnittelijoiden, suunnitteluryhmän ja tilaajan kesken. Suunnittelijat tarkkailevat omien suunnitelmiensa/tietomallinsa laatua oman laatujärjestelmänsä mukaan säännöllisesti sekä tarkistavat tietomallinsa suunnittelukokousten ja projektikohtaisten tarkastuspisteiden yhteydessä. Suunnittelijan tehtävä on saattaa suunnitelmien ja tietomallien laatu vaaditulle tasolle. Suunnitteluryhmän tehtävänä on suunnitelmien yhteensovittaminen ja tarvittavista muutoksista raportointi suunnittelukokousten ja projektikohtaisten tarkastuspisteiden yhteydessä. Tilaaja suorittaa suunnitelmien laadunvarmistuksen aina projektikohtaisten tarkastuspisteiden yhteydessä. Suunnittelijat korjaavat suunnitteluryhmän suunnitelmien yhteensovittamisessa ja tilaajan suorittamassa laadunvarmistuksessa ilmenneet virheet. (RT 10-11071 2012.)

	Säännöllisesti	Suunnittelukokouksiin	Tarkastuspisteet
Suunnittelija (oma läpikäynti)	X	X	X
Suunnitteluryhmän laadunvarmistus		X	X
Tilaajan laadunvarmistus			X

Kuva 13. Suunnittelun periaatteelliset laadunvarmistuspisteet (RT 10-11071 2012).

Tietomallien laadunvarmistus voidaan tehdä käyttäen kahta eri menetelmää: tarkastaminen tai analyysi. Tarkastamisella tarkoitetaan menetelmää, jossa tietomallin tietosisällön oikeellisuus tarkastetaan sellaisenaan. Tarkastamisessa tietomallin sisältämää tietoa verrataan johonkin referenssitietoon. Esimerkiksi huoneiden pinta-alojen oikeellisuus tarkastetaan vertaamalla tietomallista saatuja huonepinta-aloja tilaohjelman pinta-aloihin. Tietomalleja voidaan tarkastaa myös ohjelmallisesti ns. sääntöjen avulla. Törmäystarkastelu on esimerkki sääntöjen avulla tapahtuvasta tarkastamisesta. Analyysin avulla tuotetaan tietomallista jalostettua tietoa. Jalostetun tiedon oikeellisuutta on helpompi tutkia. Analyysin tarkoituksena on käsitellä tietoa jostakin tietystä näkökulmasta. Analyysi

on kannattavinta tehdä vasta tarkastamisen jälkeen, jolloin saadut tulokset ovat luotettavampia. Tietomallien laadunvarmistus suoritetaan lähtötietomallille, tilamallille, rakennusosamallille, talotekniikan järjestelmämallille sekä yhdistelmämallille. Näiden tietomallien laadunvarmistukset eroavat toisistaan laajuudeltaan ja käyttötarkoitukseltaan. (RT 10-11071 2012.)

3.6 Tietomallipohjainen määrälaskenta

Tietomallipohjaisen määrälaskennan avulla pystytään tehostamaan määrälaskentaa ja määrätiedon hyödyntäminen päätöksenteossa on helpompaa. Tietomallipohjainen määrälaskenta eroaa suuresti perinteisestä määrälaskennasta: määrälaskijan rutiinityö vähenee, mutta ammattitaidon vaatimus kasvaa. Tietomallipohjaisessa määrälaskennassa tärkeintä on mallintamisen johdonmukaisuus: rakennusosat on mallinnettu vaatimusten mukaisesti, tietomallien tarkkuustaso on riittävä, mallinnuksessa on käytetty sellaisia mallinnustyökaluja, joiden avulla pystytään tuottamaan määrälaskennassa tarvittava mittatieto, rakennusosat on tyypitetty oikein ja tunnistettavasti ja tietomallista löytyvät kaikki keskeiset rakennusosien mittatiedot. Tietomallista on pystyttävä erottamaan määrälaskennan kannalta luotettavat ja epäluotettavat osat. Havaitsematta jääneet puutteet tietomallissa aiheuttavat virheellisen lopputuloksen. (RT 10-11072 2012.)

Tietomallipohjaisen määrälaskennan tehokkuuden vuoksi määrälaskentaa voidaan suorittaa hankkeen aikana useammin kuin perinteisen määrälaskennan keinoin. Samoin vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja ehditään tutkimaan enemmän. Määrälaskentaan tarkoitettujen tietomallien laatu tarkistetaan ennen laskennan aloittamista. Tietomallien mukana toimitetaan tarkistusraportti ja tietomalliselostus. (RT 10-11072 2012.) Tietomalliselostus on suunnittelijan ylläpitämä asiakirja, jossa kuvataan tietomallin sisältö, käytetyt mallinnustavat ja mahdolliset poikkeamat mallintamiselle asetettuihin vaatimuksiin ja sovittuihin mallinnustapoihin nähden (RT 10-11066 2012).

Määrälaskentaa toteutetaan suunnittelu-, tarjous- ja rakentamisvaiheissa. Suunnitteluvaiheessa tietomallista lasketaan perustunnuslukuja, kuten bruttoala ja tilavuus. Suunnitteluvaiheessa laskenta voidaan toteuttaa tilojen tai rakennusosien pohjalta. Tilapohjaisessa laskennassa lasketaan tilaohjelman tilojen pinta-alat tilatyypeittäin arkkitehdin tilamallista. Rakennusosalaskennassa rakennusosamallista ja talotekniikan järjestelmämallista lasketaan rakennusosien määriä tietomallin rakennus- ja tekniikkaosien pohjalta. Rakennusosalaskenta voidaan suunnitteluvaiheessa suorittaa myös alustavasti alustavien tietomallien pohjalta ja tarkentaa laskenta tietomallien valmistuttua. Tarjous- ja rakentamisvaiheessa suoritetaan suoritelaskenta. Tietomallista lasketaan rakennus-

ja tekniikkaosien määrät tuoterakenteineen käytössä olevan nimikkeistön mukaisten työsuoritteiden määrittämistä varten. Suoritelaskennan avulla muodostetaan aineistoa esimerkiksi tarjouspyyntöjä ja tilauksia sekä tuotannon suunnittelua ja aikatauluttamista varten. Näiden lisäksi laskentaa voidaan tehdä myös sijainnin perusteella. Määrälaskenta suoritetaan käyttämällä jotakin edellä mainituista menetelmistä ja jaotteleamalla saadut määrät sijainnin perusteella esimerkiksi kerroksittain. (RT 10-11072 2012.)

3.7 Tietomallien käyttö perustajaurakoinnissa

Perustajaurakoinnilla eli grynderirakentamisella tarkoitetaan toimintaa, jossa kiinteistö- tai asunto-osakeyhtiön perustajana eli grynderinä toimii rakennusliike. Rakennusliike suunnittelee kohteen ja markkinoi osakeyhtiön osakkeita jo rakentamisen aikana ulkopuolisille ostajille. Rakennusliike säilyttää kuitenkin määräysvallan osakeyhtiössä omistuksenpidätysehdoin koko rakentamisajan. Perustajaurakoitsijana toimiva rakennusliike suorittaa myös kohteen rakennustyöt urakkasopimuksen mukaisesti. Urakkasopimus tehdään rakennusliikkeen ja osakeyhtiön välillä. Rakennusliike edustaa urakkasopimuksessa molempia osapuolia. Perustajarakennuttaminen eroaa perustajaurakoinnista urakkasopimuksen osapuolten suhteen. Perustajarakennuttamisessa kohteen rakennustyöt suorittaa perustajarakennuttajasta riippumaton rakennusliike. (Himberg 1986; Junnonen & Kankainen 2013.) Perustajaurakoinnin tilojen myynti- ja tuotantoprosessi voidaan kuvata seuraavasti:

- a. Rakennusliike hankkii tontin perustettavan osakeyhtiön lukuun.
- b. Rakennusliike laatii kohteen suunnitelmat ja markkinoi kohdetta loppukäyttäjille.
- c. Rakennusliike perustaa osakeyhtiön. Kun osakeyhtiö on merkitty kaupparekisteriin, rakennusliike siirtää tontin yhtiön nimiin.
- d. Rakennusliike solmii hanketta koskevat sopimukset osakeyhtiön kanssa ja puolesta sekä suorittaa kohteen rakennustyöt. Kohdeyhtiön nimissä laaditaan asetuksen 835/2005 (turva-asiakirjat asuntokaupoissa) 4§ määritelty taloussuunnitelma mm. rahoituksesta.
- e. Rakennusliike järjestää osakeyhtiölle tarvittavan rahoituksen ja solmii tarvittaessa sopimukset rahoituslaitoksen ja vakuutusyhtiön kanssa kauppalain mukaisesti. Kohteen ja tontin rahoitus tapahtuu osittain osakeyhtiön omalla (rakennusliikkeen tekemät osakepääoma- ja rakennusrahoitus sijoitukset osakeyhtiöön) sekä osin vieraalla pääomalla (osakeyhtiön lainat).

- f. Rakennusliike myy osakeyhtiön huoneistojen hallintaan oikeuttavat osakkeet lopukäyttäjille. Osakemyyntiä tehdään jo rakentamisen aikana. (KILA 2017.)

Tietomallipohjaisesta suunnittelusta saavutetaan kaikista suurin hyöty sellaisissa hankkeissa, joissa tilaa tekee päätöksen hankkeen tietomallipohjaisesta toteutuksesta. Perustajaurakoinnissa urakoitsijalla on parhaat mahdollisuudet tietomallien hyödyntämiseen. Perustajaurakoinnissa urakoitsija pystyy omalla päätöksellään varmistamaan hankkeen tietomallipohjaisen toteutuksen, jolloin hankkeen suunnittelu toteutetaan mallintamalla. Kun suunnitteluprosessi toteutetaan kokonaisuudessaan tietomallipohjaisesti, ovat suunnittelijoiden tietomallit hyödynnettävissä kaikissa hankkeen vaiheissa ja hankeprosessi tehostuu. Tietomallintamisesta saatavan hyödyn maksimoimiseksi kannattaa urakoitsijan asettaa tavoitteeksi koko hankkeen elinkaaren toteutus tietomallipohjaisena. Seuraavassa luettelossa on esitetty olennaisimmat asiat, joita perustajaurakoitsijan on otettava huomioon tietomallipohjaisen hankkeen toteutuksessa:

1. Urakoitsija päättää hankkeen tietomallipohjaisesta toteutuksesta mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Päätöksenteossa on tärkeää tarkastella tietomallintamisesta saatavia hyötyjä ja mahdollisesti tarvittavia lisäpanostuksia.
2. Urakoitsija asettaa tietomallinnukselle selkeät tavoitteet ja määrittää tietomallien käyttötarkoitukset. Hankkeeseen kiinnitetään tietomallikoordinaattori.
3. Urakoitsija laatii hankkeelle alustavan tietomallinnussuunnitelman yhdessä tietomallikoordinaattorin kanssa.
4. Hankesuunnittelu toteutetaan Yleisten tietomallivaatimusten (YTV2012) mukaisesti. Hankesuunnitteluvaiheessa urakoitsija laatii vaatimusmallin suunnittelun lähtökohdaksi.
5. Suunnittelu toteutetaan kokonaisuudessaan mallintamalla. Urakoitsija määrittää tietomallien tietosisällön ja tarkkuustasot yhdessä tietomallikoordinaattorin kanssa. Suunnitteluvaiheessa varmistetaan urakoitsijan, suunnittelijoiden ja tietomallikoordinaattorin kesken eri suunnittelualojen tietomallien yhteensopivuus teettämällä yhdistelmämallit. Urakoitsija varmistaa myös pätevän suunnittelunohjauksen, joka myös pystyy tarkastelemaan tietomallipohjaisia suunnitelmia.
6. Urakoitsija hyödyntää tietomalleja määrälaskennassa, tuotannonohjauksessa ja työmaalla.
7. Urakoitsija varmistaa kohteen valmistuttua toteumatiedon päivittämisen tietomalleihin (as built). (Jäväjä & Lehtoviita 2016.)

4. TIETOMALLIN HYÖDYNTÄMINEN RAKENNUS-HANKKEESSA

4.1 Tietomallintamisen tavoitteet

Tietomallipohjaisen suunnittelun päätavoite on suunnitteluprosessin tehostaminen, rakentamisen laadun ja tuottavuuden parantaminen, elinkaaren hallintaa avustavien työkalujen mahdollistaminen sekä lisäarvon tuottaminen asiakkaalle. Tietomallien avulla on mahdollista tuottaa tarkempaa ja täsmällisempää tietoa, vähentää suunnitteluvirheitä ja parantaa suunnitelmien yhteensopivuutta sekä tehostaa suunnittelijoiden välistä yhteistyötä. Tietomallintavalla suunnittelulla pystytään tuottamaan käyttökelpoisempaa tietoa tuotannonsuunnittelua, kustannus- ja aikatauluhallintaa sekä rakennustuotteiden hankintaa ja valmistusta varten. Elinkaarikustannuksia ja ympäristövaikutuksia on helpompi ottaa suunnittelussa huomioon, kun käytettävissä on koko rakennuksen elinkaarta käsittelevää tietoa. Samaa tietoa voidaan hyödyntää rakennuksen käyttö- ja ylläpitovaiheessa. Tietomallien avulla pystytään tuottamaan hyödyllistä tietoa päätöksenteon tueksi sekä visualisoimaan ja vertailemaan tehokkaammin erilaisia vaihtoehtoja. (Penttilä et al. 2006.)

Tietomallipohjaisen hankkeen keskeisimpiä tavoitteita on rakennuksen koko elinkaaren aikainen keskitetty tiedonhallinta: tieto löytyy tietomallista yhdestä paikasta ja tieto on helposti ja ohjelmistoriippumattomasti osapuolten käytettävissä. Tietomallipohjaisessa hankkeessa pyritään minimoimaan tarpeeton tiedonsiirto osapuolten välillä. Tietomallin avulla tietoa pystytään siirtämään osapuolten välillä digitaalisessa muodossa ilman manuaalisia välivaiheita. Tietomallissa tieto säilyy koko rakennushankkeen elinkaaren ajan. Tietomallin avulla pystytään hallitsemaan myös rakentamisen logistiikkaa sekä reaaliaikaisesti seuraamaan esimerkiksi rakennusosien valmiusastetta. (Penttilä et al. 2006.)

4.2 Tietomallintamisen hyödyt

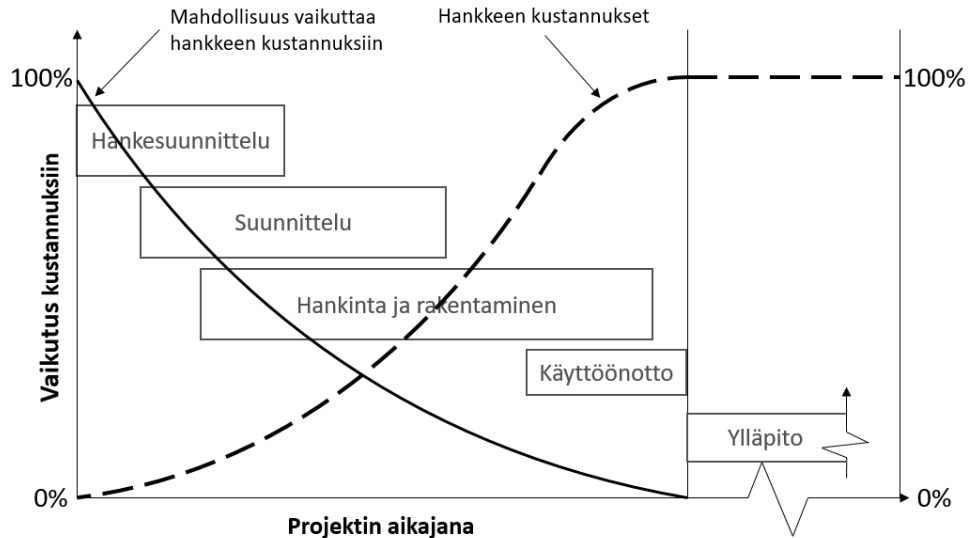
Tietomallipohjainen suunnittelu hyödyttää rakennushankkeen eri osapuolia. Osa hyödyistä kohdistuu koko hankkeeseen ja osa hyödyistä kohdistuu tietyille osapuolille. Tietomallipohjaisen suunnittelun mukanaan tuomat uudet käytännöt tarkoittavat osapuolten tehtävien uudelleenjärjestelyä. Joidenkin osapuolten, esimerkiksi arkkitehdin ja rakennussuunnittelijan, tehtävät lisääntyvät. Lisäarvon tuottaminen edellyttää suunnittelijoilta suurempaa työpanosta. Tietomallintamisen tuomia yleisiä hyötyjä ovat keskitetty tiedonhallinta kaikissa hankkeen vaiheissa, koko elinkaaren huomioonottava päätöksenteko,

suunnitelmien havainnollisuus ja erilaiset simulaatiot. Oleellisin tietomallipohjaisessa tiedonhallinnassa on tietomallin sisältämän tiedon hyödynnettävyys kaikissa hankkeen vaiheissa ja tiedon saavutettavuus kaikille hankkeen osapuolille. (Penttilä et al. 2006.) Tieto tallennetaan tietomalliin vain kerran ja tiedon päivittäminen tietomalliin vaikuttaa automaattisesti kaikkiin tietomalliin pohjautuviin piirustuksiin, simulaatioihin ja näkymiin. Kaikilla hankkeen osapuolilla on käytössään sama ajantasainen tieto. (Jäväjä & Lehtoviita 2016.)

Rakennushankkeen kustannukset määräytyvät suurilta osin jo hankkeen suunnitteluvaiheessa. Tietomallipohjaisen suunnittelun avulla pystytään luomaan hyvä pohja koko hankkeen elinkaaren huomioonottavalle päätöksenteolle kaikille hankkeen osapuolille. Lisäksi kolmiulotteinen suunnittelu parantaa monimutkaisten rakenteiden havainnollisuutta ja ymmärrettävyyttä niin rakenteiden suunnittelussa kuin toteutuksessa. (Penttilä et al. 2006.) Tietomallintaminen mahdollistaa erilaisten analyysien ja simulaatioiden suorittamisen osana rakennuksen suunnittelua. Tietomallin avulla pystytään analysoimaan esimerkiksi rakennuksen rakenteiden eheyttä, lämpötilan säätelyä ja ilmanvaihtoa sekä energiankulutusta. (Eastman et al. 2008.) Tietomallin avulla pystytään vertailemaan eri vaihtoehtoja ja etsimään mahdollisimman tehokkaita ratkaisuja. Tehtyjen analyysien perusteella voidaan suunnittelussa vaikuttaa merkittävästi esimerkiksi rakennuksen energiatehokkuuteen. (Jäväjä & Lehtoviita 2016.)

4.2.1 Tietomallintamisen hyödyt tilaajan näkökulmasta

Tilaajan on alkuvaiheessa tärkeää määrittää, onko suunnitellun hankkeen läpivieminen mahdollista ennalta määrittyjen kustannus- ja aikataulutavoitteiden puitteissa. Tärkeintä on, että hanke täyttää tilaajan asettamat taloudelliset vaatimukset. Tilaajat saattavat kohdata hankkeessa oletettua suurempia tai yllättäviä kustannuksia, jotka saattavat pahimmillaan johtaa hankkeen peruuntumiseen. Hankkeen alkuvaiheen epäluotettavat kustannusarvot aiheuttavat tilaajalle merkittävän taloudellisen riskin. (Eastman et al. 2008.) Riskin minimoimiseksi tilaajat lisäävät kustannusarvioon riskivarauksia mahdollisten yllättävien kustannusten kattamiseksi. Usein riskivaraus lisätään kustannusarvion lisäksi myös hankkeen aikatauluun, sillä riskit vaikuttavat kustannusten ohella myös hankkeen etenemiseen. (Touran 2003.) Riskivarausten lisääminen hankkeen kustannusarvioon nostaa keinotekoisesti hankkeen kokonaiskustannuksia. Tietomallien avulla hankkeesta on mahdollista tehdä luotettavampia arvioita ja suunnitelmamuutoksista saadaan kustannuspalautetta nopeasti. Tämä on erityisen tärkeää, sillä kustannuksiin pystytään parhaiten vaikuttamaan hankkeen alkuvaiheessa. Kuvassa (Kuva 14) on esitetty rakennushankkeen kustannusten kertyminen sekä vaikutusmahdollisuudet kustannuksiin hankkeen eri vaiheissa. (Eastman et al. 2008.)



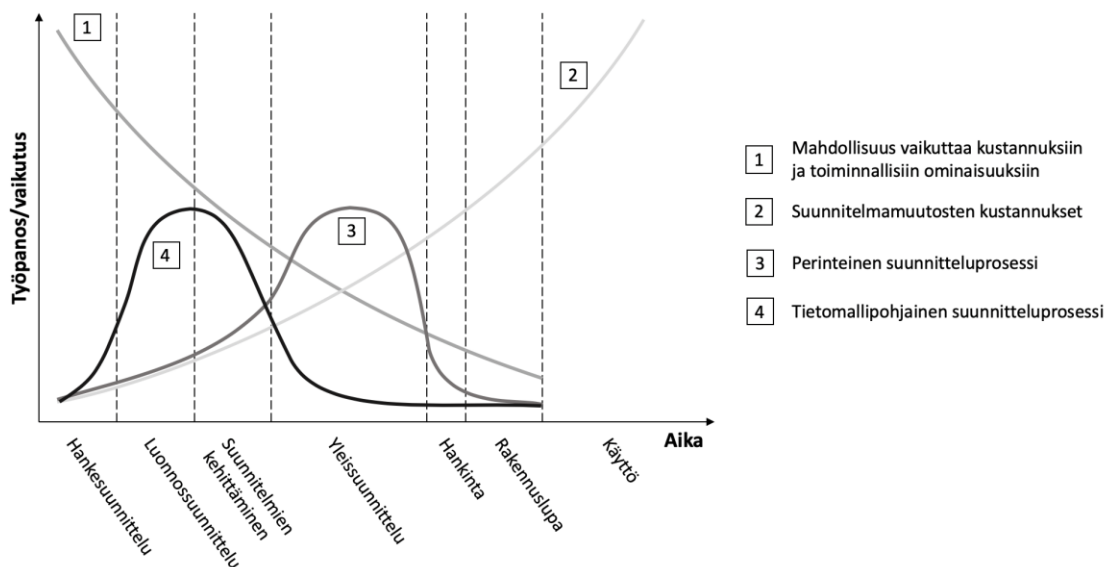
Kuva 14. Vaikuttaminen hankkeen kokonaiskustannuksiin hankkeen elinkaaren aikana (Eastman et al. 2008).

Hankesuunnitteluvaiheessa tilaajan on mahdollista saada tietomallista hankkeen käynnistämisen kannalta kallisarvoista tietoa. Hankkeen alkuvaiheen kustannusarviot ja erilaiset analyysit ja simulaatiot tukevat tilaajan ja mahdollisten rahoittajien päätöksentekoa. (Penttilä et al. 2006.) Alkuvaiheen analyysi- ja simulaatiotyökalut parantavat yleisesti rakennuksen laatutasoa. Tietomallien avulla on mahdollista myös lyhentää hankkeen kokonaiskestoa ja pienentää aikatauluun liittyviä riskejä. Pitkät läpivientiajat ja aikataulujen viivästymiset aiheuttavat kustannuksia tilaajalle esimerkiksi lainojen korkomaksujen ja viivästyneiden vuokratuottojen muodossa. Tietomallipohjaisen suunnittelun avulla voidaan parantaa tuotannon tehokkuutta ja lyhentää hankkeen läpimenoaikaa panostamalla esimerkiksi esivalmistettujen rakennusosien suunnitteluun ja tuotantoon. Tietomallien avulla pystytään nopeammin reagoimaan mahdollisiin yllättäviin rakennusolosuhteiden muutoksiin ja näin minimoimaan aikatauluun liittyviä riskejä. (Eastman et al. 2008.)

4.2.2 Tietomallintamisen hyödyt suunnittelijoiden näkökulmasta

Suunnittelulla tarkoitetaan toimintaa, jossa suurin osa hankkeeseen liittyvästä tiedosta määritellään hankkeen alkuvaiheessa ja myöhemmissä vaiheissa tietoa täydennetään. Yhteenveto suunnittelijoiden työpanoksesta perinteisissä suunnittelun vaiheissa on esitetty kuvassa (Kuva 15). Kuvassa on esitetty suunnittelijoiden työpanoksen jakaumat tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa (viiva 4) ja perinteisessä suunnitteluprosessissa (viiva 3), mahdollisuudet vaikuttaa kustannuksiin ja toiminnallisiin ominaisuuksiin (viiva 1) sekä suunnitelmamuutosten kustannusvaikutukset (viiva 2). Kuvasta nähdään,

että perinteisessä suunnitteluprosessissa suunnittelijoiden työpanos painottuu yleissuunnitteluvaiheeseen. Tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa suunnittelijoiden työpanos painottuu enemmän hankkeen alkuvaiheeseen, sillä tietomallipohjainen suunnittelu vähentää yleissuunnitelmien tuottamiseen tarvittavaa aikaa. Kuvassa korostuu aikaisessa vaiheessa tehtyjen suunnittelupäätösten vaikutus rakennushankkeen yleiseen toimivuuteen, kustannuksiin ja hyötyihin. Tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa suunnittelijoiden työpanos painottuu suunnittelun ja rakentamisen aikana tehtyjen päätösten ja suunnitelmamuutoksista aiheutuvien kustannusten kasvun kannalta edukkaammin, kuin perinteisessä suunnitteluprosessissa. (Eastman et al. 2008.) Tietomallintaminen mahdollistaa suunnittelun, tiedon analysoimisen ja päätösten tekemisen aikaisemmassa suunnitteluprosessin vaiheessa, jolloin hankkeen osapuolet saavat parhaat mahdolliset lähtökohdat hyvien päätösten tekemiseen (CURT 2004).



Kuva 15. Suunnittelijoiden työpanoksen painottuminen suunnittelun eri vaiheissa (CURT 2004).

Tietomallipohjainen suunnittelu tehostaa suunnitelma-asiakirjojen tuottamista, joten yleissuunnitteluvaiheen rakennusasiakirjojen tuottamiseen käytettävien työtuntien määrä vähenee. Mallintavassa suunnittelussa yksityiskohdat, materiaalit ja pohjaratkaisut määritellään vain kerran, jonka jälkeen määrittelyt on mahdollista lisätä tarvittaviin piirustuksiin. Tästä syystä nuorempien suunnittelijoiden tarve rakennusasiakirjojen tuottamisessa vähenee. Alla olevassa taulukossa (Taulukko 3) on esimerkkinä esitetty arkkitehtitoimiston tyypilliseen projektiin käytetyt työtunnit suunnittelijoiden pätevyyksien mukaan jaoteltuna ennen ja jälkeen tietomallipohjaisen suunnittelun käyttöönoton. Vaikkakin projektiin käytettävä kokonaistuntimäärä on tietomallintamisen myötä vähentynyt

19%, suunnittelukustannukset eivät ole merkittävästi muuttuneet. Tämä johtuu koke-neempien suunnittelijoiden työpanoksen kasvamisesta. (Eastman et al. 2008.)

Taulukko 3. *Suunnittelijoiden työpanoksen muutos suunnittelupätevyyksittäin tyy-pillisessä rakennushankkeessa (Eastman et al. 2008).*

Suunnittelupätevyys	Projektin työtunnit		Muutos-%
	Ennen tietomallia	Tietomallin jälkeen	
Pääsuunnittelija	32	32	0 %
Projektipäällikkö	128	192	33 %
Projektiarkkitehti	192	320	40 %
Arkkitehti 1	320	192	-67 %
Arkkitehtiharjoittelija	320	96	-233 %
Yhteensä	992	832	-19 %

Tietomallintavan suunnittelun avulla kohteesta on mahdollista tuottaa tarkempia visua-li-sointeja jo hankkeen alkuvaiheessa. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa hanke suun-nitellaan suoraan mallintamalla kolmiulotteiseksi, ei monista kaksiulotteisista suunnitel-mista yhdistelemällä. Tästä syystä suunnitelmia voidaan havainnollistaa missä tahansa hankkeen vaiheessa, sillä oletuksella, että suunnitelmat ovat jokaisessa näkymässä ulot-tuvuuksiltaan yhtenevät. (Eastman et al. 2008.) Tietomallintamisen myötä suunnitelmien muunneltavuus paranee. Periaatteessa suunnitelmamuutokset kirjataan vain yhteen paikkaan ja parhaimmassa tapauksessa muutokset päivittyvät automaattisesti muihin dokumentteihin. (Penttilä et al. 2006.) Tämä vähentää suunnittelijoiden tarvetta suunni-telmamuutosten hallintaan. Tietomalli mahdollistaa myös tarkkojen ja johdonmukaisten kaksiulotteisten suunnitelmien tuottamisen halutusta näkymästä missä tahansa suunnit-telun vaiheessa. Tämä vähentää huomattavasti kaksiulotteisiin suunnitelmiin käytettä-vää aikaa sekä mahdollisia virheitä. (Eastman et al. 2008.)

Tietomallipohjainen suunnittelu mahdollistaa useiden suunnittelualojen työskentelyn sa-manaikaisesti. Tämä lyhentää suunnittelu-aikaa ja vähentää suunnitteluvirheitä merkittä-västi. (Eastman et al. 2008.) Tietomallintaminen tekee suunnitelmien yhteensovittami-sesta ja tarkastamisesta helpompaa. Suunnitelmien helpompi yhteensovittaminen puo-lestaan vähentää suunnitteluristiriitoja. Suunnitteluvirheet on mahdollista havaita ja kor-jata nopeasti esimerkiksi pääsuunnittelijan tekemän eri suunnittelualojen tietomallien yh-teensovittamisen avulla. (Penttilä et al. 2006.) Todenmukaisen geometrian avulla tieto-mallista on helpompi havaita virheitä visuaalisesti kuin kaksiulotteisista piirustuksista. Tietomallin avulla on lisäksi mahdollista suorittaa ohjelmallisia testauksia ja rakenteellisia törmäystarkasteluja. Testausten avulla voidaan tarkistaa toteuttaako tietomalli tiettyjä säännöksiä, kuten esteettömyysvaatimuksia. Törmäystarkastelussa eri suunnittelualo-

jen tietomallit yhdistetään ja etsitään mahdolliset toisiinsa törmäävät rakennusosat. (Järvä & Lehtoviita 2016.) Sen lisäksi, että kokonaissuunnittelu aika tehostuu suunnittelun yhtä aikaistumisen myötä, suunnittelussa on otettu huomioon tiedontarvitsijoiden tietosisältövaatimukset, mikä osaltaan tehostaa suunnittelua. (Penttilä et al. 2006.) Suunnittelutyötä tehostavat myös toimittajien tarjoamat sähköiset tuoteluettelot. Tietomallintamisen myötä toimittajien on mahdollista tarjota tuotteistaan valmiita objekteja, joita suunnittelijat voivat upottaa tietomalliin. (Eastman et al. 2008.)

Missä tahansa suunnitteluvaiheessa tietomallista voidaan tulostaa määrä- ja tilaluetteluita, joita voidaan hyödyntää kustannusten arvioimisessa. Suunnittelun alkuvaiheessa kustannusarviot perustuvat pääsääntöisesti neliömetrikustannuksiin. Suunnittelun edessä ja määrätiedon tarkentuessa myös kustannusarviot tarkentuvat. Kustannusarvioiden avulla pystytään tekemään paremmin perusteltuja suunnittelupäätöksiä ja pitämään kaikki hankkeen osapuolet tietoisina suunnitelmien kustannusvaikutuksista. Mallintavan suunnittelun avulla pystytään myös parantamaan rakennuksen energiatehokkuutta ja edistämään kestävä kehitystä. Esimerkiksi energia-analyysin avulla rakennuksen energiankäyttöä voidaan arvioida jo suunnittelun alkuvaiheessa, mikä ei ole mahdollista perinteisessä suunnitteluprosessissa. Alkuvaiheen energia-analyysin pohjalta pystytään ottamaan energiatehokkuus suunnittelussa paremmin huomioon ja tarvittaessa parantamaan rakennuksen energiatehokkuutta ekologisempien suunnitteluratkaisujen avulla. Rakennuksen tietomallin linkittäminen erilaisiin analyysityökaluihin mahdollistaa rakentamisen laatutason parantamisen. (Eastman et al. 2008.)

4.2.3 Tietomallintamisen hyödyt urakoitsijan ja hankintojen näkökulmasta

Urakoitsijalla on parhaat mahdollisuudet hyödyntää tietomalleja ja vaikuttaa tietomallien laatuun omaperusteisissa rakennushankkeissa. Omaperusteisissa hankkeissa suunnitteluvastuu on urakoitsijalla, joten urakoitsija valitsee suunnittelijat ja määrittelee suunnittelulle tavoitteet ja vaatimukset. Urakoitsijan suunnittelunohjauksen avulla varmistetaan, että tuotannon asettamat vaatimukset on otettu suunnittelussa huomioon. Tällä tavoin tietomallia pystytään tehokkaimmin hyödyntämään tuotannossa. Kilpailu-urakoissa urakoitsijan vaikutusmahdollisuudet tietomallien laatuun ovat vähäiset. Kilpailu-urakoissa urakoitsijan tietomallien hyödyntämismahdollisuudet ja tietomallien laatu ovat riippuvaisia tilaajan suunnittelunohjauksesta sekä tilaajan asettamista tietomallinnustavoitteista. (Järvä & Lehtoviita 2016.)

Urakoitsijat voivat hyödyntää tietomalleja rakentamisessa esimerkiksi havainnollistamisessa ja työnohjauksessa, määrälaskennassa ja hankinnoissa, aikatauluttamisessa ja

rakentamisen toteumatilanteen esittämisessä, aluesuunnitelman laatimisessa ja työturvallisuuden varmistamisessa. Tietomallien visuaalisuus on tietomallien hyödyntämistävoista merkittävin. Tuotannon suunnittelussa ja -ohjauksessa tietomallin visuaalisuutta voidaan hyödyntää kohteeseen ja rakenteisiin perehtymisessä, työjärjestyksen suunnittelussa ja töiden yhteensovittamisessa. Tietomallipohjainen määrälaskenta on nopeampaa ja tarkempaa kuin perinteinen laskenta, sillä oletuksella, että tietomalli on virheetön. (RT 10-11078 2012.) Vaikka kohteen määrät on kertaalleen laskettu hankkeen kustannuksia arvioitaessa, voidaan tietomallin avulla tarkistaa määrät nopeasti esimerkiksi vielä ennen hankintojen tekemistä (Jäväjä & Lehtoviita 2016). Tietomallista tulostettavat valmiit määräluettelot parantavat rakentamisen tuottavuutta ja niitä voidaan hyödyntää esimerkiksi hankinnoissa (RT 10-11078 2012). Tietomalli sisältää rakennuksen tarkan geometrian ja oleellisen informaation, joita tarvitaan rakentamisen ja hankintojen tukemiseen (Eastman et al. 2008) Tietomallien yleistymisen myötä tietomalleja ja niihin pohjautuvia määräluetteloita voidaan hyödyntää esimerkiksi alihankintatarjouspyynnön aineistona. Alihankintoihin voidaan lisäksi sisällyttää toimittajan tietomallipohjaista suunnittelua. Aluesuunnitelma ja erilaiset työturvallisuuteen liittyvät suunnitelmat, kuten puotamissuojaussuunnitelma, voidaan mallintamisen avulla laatia kolmiulotteisina. 3D-aluesuunnitelmassa pystytään tarkastelemaan esimerkiksi erilaisia riskialueita ja ulottuvuuksia, kuten nosturin ulottuvuutta. (RT 10-11078 2012.)

Tietomallintaminen mahdollistaa tuotannon suunnittelun neliulotteisen mallin avulla, jossa neljäntenä ulottuvuutena toimii aika. 4D-mallin luominen edellyttää rakennuksen kolmiulotteisen mallin linkittämistä rakentamisen aikatauluun, joka määrittää rakennusosien aloitus- ja lopetusajankohdat. 4D-mallin avulla on mahdollista simuloida rakennusprosessia eri ajankohtina. Graafisen simulaation avulla on mahdollista nähdä kohteen rakentuminen päivä päivältä ja tunnistaa prosessin kriittiset kohdat ja mahdollisuudet. Simulaation avulla voidaan tunnistaa esimerkiksi erilaisia turvallisuusriskejä. Lisähyötyä simuloinnista saadaan, jos malliin lisätään työnaikaisia objekteja, kuten torninosturit, rakennustelineet ja tuennat. Tällöin myös näitä objekteja pystytään hyödyntämään tuotannon suunnittelussa. (Eastman et al. 2008.) 4D-mallia voidaan hyödyntää simuloinnin lisäksi hankkeen aikatauluttamisessa sekä työn etenemisen ja valmiusasteen seurannassa (Penttilä et al. 2006). Valmiusasteen seuranta varten tietomalliin kirjataan rakennusosien toteutuneet asennusajankohdat sovituin aikavälein (RT 10-11078 2012).

Koska tietomallipohjaisessa suunnittelussa rakennuksen 3D-malli toimii kaikkien kaksi- ja kolmiulotteisten piirustusten lähteenä, epä johdonmukaisten kaksiulotteisten piirustusten aiheuttamat ristiriidat häviävät. Tietomallintaminen mahdollistaa eri suunnittelualojen suunnitelmien yhdistämisen ja vertailun, mikä helpottaa suunnitelmien tarkastamista

sekä systemaattisesti että visuaalisesti. Suunnitelmaristiriidat huomataan ajoissa ennen tuotannon alkamista. Tiedonkulku suunnittelijoiden ja urakoitsijan välillä paranee ja virheiden määrä vähenee merkittävästi. Tämä lyhentää hankkeen läpivientaikaa, vähentää kustannuksia, minimoi riitatilanteiden todennäköisyyttä ja luo edellytykset sujuvammalle suunnittelu- ja rakennusprosessille. Tietomallin avulla pystytään lisäksi reagoimaan nopeasti suunnittelussa tai työmaalla ilmeneviin ongelmatilanteisiin. Tietomalliin tehdyt muutokset päivittyvät automaattisesti kaikkiin tietomallin näkymiin. Tietomallipohjainen suunnittelu mahdollistaa suunnitelmamuutosten nopeamman läpikäynnin, sillä muutokset pystytään jakamaan, havainnollistamaan, arvioimaan ja ratkaisemaan virtuaalisesti. (Eastman et al. 2008.)

Tietomallien avulla urakoitsijat pystyvät tehostamaan tuotantoa vähentämällä hukkaa ja hyödyntämällä tietomalleja esivalmistettujen rakennusosien valmistuksessa. Tuotannon tehostaminen ja hukan vähentäminen työmaalla vaativat pääurakoitsijan ja aliurakoitsijan välistä yhteistyötä ja työn huolellista suunnittelua. Tärkeintä on varmistaa, että työ suoritetaan oikea-aikaisesti eli asianmukaiset resurssit ovat suoritushetkellä käytettävissä työmaalla. Tällä tavoin pystytään minimoimaan turhia työtunteja ja vähentämään materiaalien varastoinnin tarvetta työmaalla. Tietomallin avulla pystytään tarkkaan määrittämään kussakin työssä tarvittavat aineelliset resurssit, joten sen avulla voidaan tehostaa aliurakoitsijoiden työn suunnittelua ja aikataulutusta, sekä varmistaa ihmisten, tarvikkeiden ja materiaalien oikea-aikainen saapuminen työmaalle. Tietomalleja voidaan hyödyntää esimerkiksi betonielementtien ja teräsrakenteiden hankinnassa ja valmistuksessa. Tietomallintaminen mahdollistaa suurempien komponenttien esivalmistamisen kuin kaksiulotteiset suunnitelmat, sillä tietomallipohjaisessa suunnittelussa työmaankäiset suunnitelmamuutokset ovat epätodennäköisempiä ja komponenttien tarkat mitat pystytään ennustamaan jo ennen ympäröivien rakenteiden asentamista. Esivalmistettavien rakennusosien avulla pystytään lyhentämään tuotannon läpimenoaikaa. (Eastman et al. 2008.)

4.2.4 Tietomallintamisen hyödyt viranomaisten ja rakennuksen ylläpidon näkökulmasta

Tietomallipohjaisen suunnittelun havainnollisuus helpottaa viranomaisten suunnitelmien tarkastelua ja arviointia. Tietomallit helpottavat etenkin hankkeen kaupunkikuvallista arviointia. Viranomaistarkastuksia voidaan osittain tehdä suoraan tietomallista: esimerkiksi poistumisteiden riittävyys, kulkuväylien leveydet ja reittien pituudet voidaan tarkistaa tietomallista tarkistusohjelmalla. (Penttilä et al. 2006.) Rakennusvalvonnassa pystytään tietomalleista lukemaan myös paljon sellaista tietoa, joka normaalisti täytettäisiin käsin eri-

lasiin lomakkeisiin. Tiedonkeruu on mahdollista jopa automatisoida, kunhan mallintamisessa on noudatettu Yleisiä tietomallivaatimuksia (YTV 2012). (RT 10-11079 2014.) Tietomallintaminen tulee tulevaisuudessa vaikuttamaan rakennusviranomaisten toimintaan. Nykyisin rakennuslupaa haetaan vielä kaksiulotteisilla suunnitelmilla, jotka tulostetaan tietomallista. Kaksiulotteiset piirustukset täydennetään nykyisten lupamääräysten mukaisiksi. (Penttilä et al. 2006.)

Yhä useampi rakennuskohde suunnitellaan tietomallipohjaisesti, mutta lupakäsittelyä varten tarvitaan edelleen perinteiset kaksiulotteiset suunnitelmat. Nykyinen menettely aiheuttaa ylimääräistä työtä niin suunnittelijoille, kuin rakennusvalvonnan viranomaisille. Tietomallipohjaisen rakennuslupaprosessin tavoitteena olisi tehdä lupaprosessista yhdenmukaisempi, nopeampi ja laadukkaampi. Tietomallipohjaisen rakennusluvan hakemista asuinkerrostalohankkeessa on testattu KIRA-digin kokeiluhankkeena vuonna 2017. Kokeiluhankkeessa testattiin tietomallipohjaisen rakennuslupaprosessin eri vaiheissa hyödynnettäviä työkaluja ja prosessin kulkua kolmessa kerrostalohankkeessa kolmessa eri kunnassa. Hankkeeseen osallistuivat Vantaan, Järvenpään ja Hyvinkään kunnat. Kokeiluhankkeen tuloksena osallistujakunnilla on paremmat valmiudet tietomallipohjaisen rakennuslupaprosessin jatkamiseen. Kokeilun avulla pystyttiin tunnistamaan prosessin eri osapuolten tarpeet sekä jatkokehitystarpeet. Osallistujakunnat jatkavat yhteistyötä tietomallipohjaisen rakennuslupakäsittelyn ja rakennusvalvonnan kehittämiseksi ohjelmistotoimistojen ja muiden kuntien kanssa. (KIRA-digi 2017.)

Tietomallia, johon on päivitetty kaikki rakentamisen aikaiset muutokset, kutsutaan toteumamalliksi. Toteumamallia voidaan hyödyntää rakennuksen ylläpidossa. (Eastman et al. 2008.) Rakennuksen ylläpitovaiheessa tietomallia voidaan hyödyntää tilatiedon hallinnassa ja rakennuksen osiin liittyvän tiedon keskitettyyn ylläpitoon. Tilojen omistus- ja vuokraussuhdetietojen, käyttöasteiden ja esimerkiksi lukittavuustietojen hallinta on keskeinen tekijä kiinteistöjen ylläpidossa. Rakennusmateriaalien huoltoon ja korjaamiseen liittyviä tietoja sekä esimerkiksi talotekniikan järjestelmien yksityiskohtaisia tietoja voidaan ylläpitää tietomallissa. (Penttilä et al. 2006.) Tietomalli tukee järjestelmien reaaliaikaista etävalvontaa sekä tarjoaa käyttöliittymän erilaisille antureille ja järjestelmien kauko-ohjaukselle. Monet näistä valmiuksista ovat vasta kehitysasteella, mutta tietomallintaminen tarjoaa optimaalisen alustan näiden valmiuksien kehittämiseksi. (Eastman et al. 2008.)

4.3 Tietomallintamisen haasteet

Suunnittelun ja rakentamisen prosessien parantaminen ja tehostaminen vähentävät perinteisiin toimintatapoihin liittyvien ongelmien määrää ja vakavuutta. Tietomallintamisen

käyttöönotto vaikuttaa merkittävästi projektin osapuolten välisiin suhteisiin ja sopimuksiin. Perinteiset sopimusehdot on räätälöity perinteiseen suunnitteluprosessiin (paperiset suunnitelmat). Lisäksi tietomallintaminen vaatii arkkitehdin, urakoitsijan ja muiden suunnittelijoiden yhteistyötä aikaisemmassa projektin vaiheessa. Tietomallipohjaisessa hankkeessa hyödynnetään suunnitteluvaiheessa myös enemmän eri asiantuntijoiden palveluita. (Eastman et al. 2008.) Tietomallintaminen tuo mukanaan paljon uusia mahdollisuuksia, mutta niiden käyttöönotto ja hyödyntäminen vievät aikaa. Tietomallintamisen tarjoamien mahdollisuuksien hyödyntäminen on pitkäaikaisen kehitystoiminnan tulos. Kehittyminen edellyttää hankkeen osapuolten keskinäistä luottamusta ja yhteistyötä sekä osapuolten välistä verkostoitumista. (Penttilä et al. 2006.)

Tietomallintaminen tuo mukanaan uusia yhteistyömenetelmiä, mutta myös ongelmakohtia liittyen tehokkaiden tiimien kehittämiseen. Yhteisten pelisääntöjen määrittäminen tietomallipohjaisen tiedon jakamisessa ja siirtämisessä hankkeen osapuolten välillä on merkittävä haaste. (Eastman et al. 2008.) Tietomallipohjaisen hankkeen onnistumisen edellytys on, että kaikilla hankkeen keskeisillä osapuolilla on valmiudet toimia tietomallipohjaisesti (Penttilä et al. 2006). Jos esimerkiksi arkkitehti laatii suunnitelmat perinteisesti paperille, jää tietomallin luominen urakoitsijan tai jonkin kolmannen osapuolen vastuulle (Eastman et al. 2008). Tällä tavoin tietomallia ei ole mahdollista hyödyntää tehokkaasti eikä prosessi tehostu odotetulla tavalla (Penttilä et al. 2006). Tietomallin luominen suunnitelmien valmistuttua lisää hankkeen kustannuksia ja pidentää hankkeen läpimenoaika. Tietomallin luominen jälkikäteen voi kuitenkin olla perusteltua siitä saatavien hyötyjen vuoksi (tuotannon suunnittelu ja ohjaus). Tietomallipohjaisen tiedon siirtäminen hankkeen osapuolten välillä sekä eri suunnittelualojen tietomallien yhdistäminen vaativat ongelmien välttämiseksi yhteisen tiedonsiirtotavan määrittämistä. Virheitä tiedonsiirrossa voidaan vähentää hyödyntämällä yhteensopivaa tiedonsiirtostandardia, esimerkiksi IFC-standardia (kts. luku 3.1 Tietomallintamisen erityispiirteet). (Eastman et al. 2008.)

Suomen mittakaavassa tietomallien käytön yleistymistä hidastaa tietomalleja koskevan lainsäädännön puuttuminen. Nykyinen rakentamista säätelevä lainsäädäntö ei tunnista tietomallin, tietomallintamisen tai projektipankin käsitteitä. Tietomallien käytön yleistyminen vaatii sekä lainsäädännön, että yleisten sopimusehtojen ja sopimusmallien kehittämistä. (Silius-Miettinen 2011.) Oikeudellisesta näkökulmasta tietomallintamiseen liittyy erityisesti erilaisia vastuu- ja omistajuuskysymyksiä: kuka omistaa suunnitelmat ja kuka on vastuussa suunnitelmien oikeellisuudesta (Eastman et al. 2008). Tietomallintamisen

juridisten haasteiden ratkaiseminen vaatii laajempaa yhteistyötä lainsäätäjien, rakentamisen teknisten kehittäjien ja rakentamisen ammattilaisten kesken (Silius-Miettinen 2011).

Tietomallintamisen käyttöönotossa voi ilmetä sekä teknisiä että johtamiseen liittyviä ongelmia. Tietomallien hyödyntämisen edellytyksenä on, että yrityksellä on käytössään tarvittavat ohjelmistot ja laitteet. Myös henkilöstön kouluttaminen, tietomallien käytön jatkuva tuki sekä henkilöstön motivaatio ovat oleellisessa osassa tietomallien käyttöönotossa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016.) Yritysten henkilöstön teknologiaosaaminen on yksi suurimpia haasteita tietomallien yleistymiselle (Penttilä et al. 2006). Johtamisen ongelmat liittyvät tietomallien käyttöönoton aloittamiseen. Tietomallien käyttöönottoon rakennustyömaalla ei ole olemassa selkeää ohjeistusta, joten yrityksen on itse määriteltävä, miten tietomallia on tarkoitus hyödyntää, mitä tietoa tietomallista tarvitaan sekä millaista osaamista ja koulutusta tietomallien käyttäminen vaatii. (Jäväjä & Lehtoviita 2016.) Tietomallintamisen käyttöönotto vaatii kuitenkin muutakin kuin tarvittavien ohjelmistojen hankkimista, henkilöstön koulutusta ja laitteiden päivittämistä. Tietomallien tehokas hyödyntäminen vaatii muutosten tekemistä lähes kaikkiin yrityksen liiketoiminnan osa-alueisiin. Käyttöönotto vaatii asioiden ymmärtämistä ja tarkkaa suunnittelua ennen varsinaisen käytön aloittamista. (Eastman et al. 2008). Muutoksen onnistunut läpivieminen organisaatiossa vaatii sekä johdon että koko henkilöstön sitoutumista (Jäväjä & Lehtoviita 2016).

5. TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUSAI-NEISTO

Termillä tutkimusstrategia tarkoitetaan tutkimuksen menetelmällisten ratkaisujen kokonaisuutta. Tutkimusstrategiasta voidaan edelleen erottaa suppeampana käsitteenä tutkimusmetodin eli tutkimusmenetelmän termi. On olemassa kolme traditionaalista tutkimusstrategiaa: kokeellinen eli eksperimentaalinen tutkimus, survey-tutkimus sekä tapaustutkimus (case study). Kokeellisessa tutkimuksessa mitataan yhden valitun muuttujan vaikutusta johonkin toiseen muuttujaan. Kokeelliselle tutkimukselle tyypillistä on tietystä populaatiosta valitun näytteen analysointi harkitusti ja systemaattisesti erilaisten koejärjestelyjen valossa olosuhteita muunnellen. Kokeellisen tutkimuksen tarkoituksena on saada aikaan muutos yhdessä tai useammassa muuttujassa kontrolloimalla muita muuttujia. Yleensä kokeellisen tutkimuksen lähtökohtana on jonkin hypoteesin testaaminen. (Hirsjärvi et al. 2018.)

Survey-tutkimuksessa kerätään tietoa tietyltä ihmisjoukolta standardoidussa muodossa. Tyypillisesti survey-tutkimuksessa poimitaan otanta yksilöitä valitusta ihmisjoukosta ja kerätään aineisto jokaiselta otannan yksilöltä. Aineistonkeruumenetelmänä käytetään usein strukturoitua haastattelua sekä kyselytutkimusta. Tapaustutkimuksen tarkoituksena on kerätä yksityiskohtaista ja intensiivistä tietoa tietyistä yksittäisistä tapauksesta tai joukosta toisiinsa liittyviä tapauksia. Tapaustutkimuksen kohteena voi olla myös joiden tietty yksittäinen tilanne. Tapauksen kohteena on tyypillisesti jokin yksilö, ryhmä tai yhteisö. Tapaustutkimuksen kiinnostuksen kohteena ovat yleensä erilaiset prosessit. Tyypillisesti tapaustutkimuksessa aineistoa kerätään käyttämällä useita eri menetelmiä. Yleisimpiä menetelmiä ovat havainnointi, haastattelu ja dokumenttien tutkiminen. (Hirsjärvi et al. 2018.)

Tutkimusstrategian valinta perustuu kolmeen osatekijään: tutkimuskysymysten muotoilu, tutkijan vaikutusmahdollisuuksien laajuus tutkimuksen kohteeseen sekä onko kyseessä historiallinen vai nykyaikainen tutkimuskohde. Jos tutkimuskysymykset on muotoiltu muotoon ”miten” tai ”miksi” ja kyseessä on nykyaikainen tutkimuskohde, on tutkijalla kaksi suositeltavaa vaihtoehtoa tutkimusstrategiaksi: kokeellinen tutkimus ja tapaustutkimus. Jos tutkija pystyy suuresti vaikuttamaan tutkimuksen kohteeseen, suositellaan silloin käytettäväksi tutkimusstrategiana kokeellista tutkimusta. Jos taas tutkija ei pysty vaikuttamaan tutkimuksen kohteeseen, suositellaan tutkimuksessa käytettäväksi tutkimusstrategiana tapaustutkimusta. (Yin 2014.) Tässä tutkimuksessa täyttyvät kaikki tapaustutkimukseen viittaavat suositukset. Suurin osa tutkimuskysymyksistä on muotoiltu

”miten”- muotoon, tietomallintaminen tutkimuskohteena on nykyaikainen sekä tutkijalla ei ole mahdollisuutta vaikuttaa tutkimuksen aikana tutkimuskohteeseen eli kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tai hankintaprosessin muiden osapuolten tietomallin hyödyntämiseen hankintaprosessissa.

Käyttämällä vain yksittäistä tutkimusmenetelmää ei välttämättä saada tarpeeksi kattavaa kuvaa tutkimuksen kohteesta. Yksi tutkimusmenetelmä kuvaa tutkimuskohteen vain yhdestä näkökulmasta. Tämä saattaa vaikuttaa tutkimuksen luotettavuuteen. Tutkimuksen luotettavuutta on mahdollista parantaa käyttämällä tutkimuksessa useampia tutkimus- ja aineistonkeruumenetelmiä sekä pohjaamalla tutkimus useammanlaisiin aineistoihin. Tällaista menettelytapaa kutsutaan triangulaatioksi ja vielä tarkemmin menetelmätriangulaatioksi ja aineistotriangulaatioksi. (Eskola & Suoranta 2014.) Triangulaation keinoin tutkimuksessa pyrittiin saamaan mahdollisimman kattava kuva tutkimuksen kohteesta. Tutkimuksessa hyödynnettiin menetelmätriangulaatiota käyttämällä useampia tutkimusmenetelmiä.

Käytettyjä tutkimusmenetelmiä olivat kirjallisuustutkimus, haastattelututkimus sekä kyselytutkimus. Tutkimuksessa hyödynnettiin myös aineistotriangulaatiota yhdistelemällä erilaisia aineistoja keskenään. Käytettyjä aineistoja olivat tieteelliset artikkelit, tutkimuksen aiheeseen liittyvä kirjallisuus sekä tutkimushaastattelut ja verkkokysely. Kirjallisuustutkimuksen avulla muodostettiin tutkimuksen teoria eli kerättiin ja esitettiin tutkimuksen kannalta olennainen aiempi tieto. Haastatteluiden avulla kerättiin kokemusperäistä tietoa tutkimuksen aiheeseen liittyviltä eri alojen asiantuntijoilta. Haastatteluiden avulla lisäksi ohjattiin kirjallisuustutkimusta. Verkkokyselyllä kartoitettiin kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallikoulutuksen tarvetta ja kouluttautumishalukkuutta. Lisäksi kyselytutkimuksella kerättiin tutkimuksen aiheeseen liittyvää kokemusperäistä tietoa.

5.1 Kirjallisuustutkimus

Tutkimuksen perusmenettelyn mukaisesti tutkimusaihetta koskevaan kirjallisuuteen tutustuminen tapahtuu tutkimuksen alkuvaiheessa, sillä se ohjaa tutkimuksen tekemiseen liittyviä valintoja ja esimerkiksi tutkimuskysymysten asettelua. Kirjallisuustutkimuksen perusteella tutkija punnitsee tutkimustehtävää ja tutkimuksen näkökulmaa, jonka jälkeen siirtytään varsinaiseen aineiston keräämiseen. Kirjallisuustutkimuksen tarkoituksena on koota ja esittää tutkimuksen aiheeseen liittyvät keskeiset näkökulmat, teoriat sekä tärkeimmät tutkimustulokset ja johtavat tutkijat. Kirjallisuustutkimuksen avulla tutustutaan tutkimuksen aiheeseen sekä perustellaan tutkimuksen tarpeellisuus. Kirjallisuuden valinnassa tutkijan tulee olla lähdekriittinen. Erityistä huomiota tulee kiinnittää lähteissä kirjoittajan tunnettavuuteen, lähteen ikään ja alkuperään, lähteen julkaisijan arvovaltaan

alalla sekä lähteen puolueettomuuteen. Usein toistuvat tutkijanimet niin julkaisuissa kuin lähdeviitteissä ovat alalla todennäköisesti arvostettuja. Tutkimuksessa pyritään viittaamaan uusimpiin lähteisiin, sillä tutkimustieto saattaa muuttua nopeastikin. Toisaalta pitäisi kuitenkin pyrkiä viittaamaan alkuperäiseen lähteeseen, sillä tieto on saattanut matkan varrella muuttua. Arvovaltaisten kustantajien julkaisut ovat yleensä luotettavia, sillä tekstit läpäisevät asiantarkastuksen ennen painatusta. Poikkeuksia voi kuitenkin olla. Lähteiden objektiivisuuteen tulee myös kiinnittää huomiota. (Hirsjärvi et al. 2018.)

Tässä tutkimuksessa toimittiin päinvastoin, kuin tutkimuksen perusmenettelyssä: kirjallisuustutkimus suoritettiin vasta varsinaisen aineistonkeruun jälkeen. Tutkimuksen aihe oli tutkijalle entuudestaan tuttu, joten tarkempaa aiheeseen tutustumista ei vaadittu ennen haastattelu- ja kyselytutkimuksen toteutusta. Kirjallisuustutkimuksessa käytettyjä aineistoja olivat tutkimuksen aihetta käsittelevä kirjallisuus, tieteelliset julkaisut, opinnäytetyöt, määräykset sekä ohjeet ja vaatimukset. Kirjallisuustutkimus pohjautuu sekä suomenkielisiin että englanninkielisiin lähteisiin. Aineisto kerättiin tekemällä hakuja erilaisiin tietokantoihin. Aihetta käsittelevää kirjallisuutta haettiin käyttämällä Tampereen teknillisen yliopiston (nykyisin Tampereen yliopisto) kirjaston Tutcat-tietokantaa sekä Tampereen yliopiston kirjaston TuniLib-tietokantaa. Aiheeseen liittyviä tieteellisiä julkaisuja haettiin Tampereen yliopiston kirjaston Andor-tietokannasta. Opinnäytetöiden hakuun käytettiin Tampereen teknillisen yliopiston (nykyisin Tampereen yliopisto) opinnäytetöiden TUT DPub-julkaisuarkistoa. Kirjallisuustutkimuksessa käytiin läpi myös Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV 2012) sekä tutkimuksen aihetta käsittelevät Rakennustiedon ohjekortit. Hakuja tehtiin muun muassa hakusanoilla: tietomalli, tietomallintaminen, hankinta, talonrakennus, rakennushanke, perustajaurakointi sekä näiden englanninkieliset vastineet. Tutkimuksen metodologian lähdeaineiston etsinnässä hyödynnettiin Tutcat- ja TuniLib-tietokantoja, kohdeyrityksen intranet-sivuja sekä case-projektin dokumentaatiota. Kohdeyrityksen sisäinen materiaali ja case-projektin dokumentit eivät ole ulkopuolisten tahojen käytettävissä.

5.2 Tapaustutkimus

5.2.1 Hankinta kohdeyrityksessä

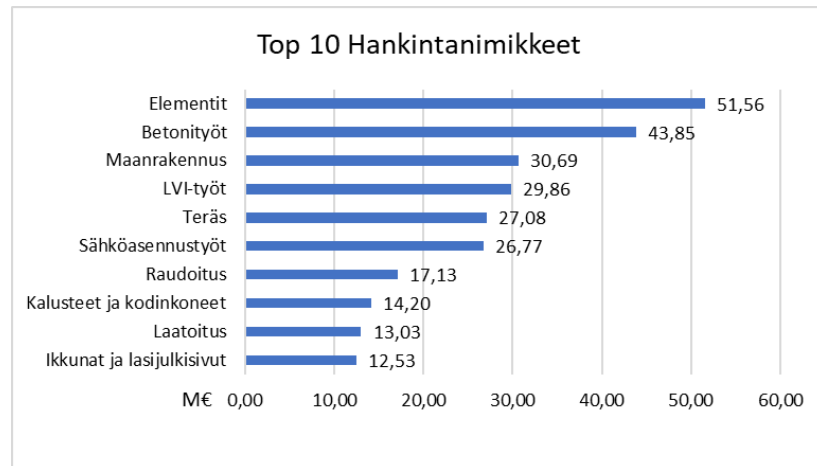
Hankintojen merkitys kohdeyrityksen toiminnassa on suuri. Kohdeyrityksen liikevaihdosta noin 70 prosenttia koostuu yrityksen ulkopuolelta tehdyistä materiaali-, aliurakka- ja palveluhankinnoista. Toimitusketjun tulee toimia moitteettomasti, jotta projektit voidaan toteuttaa kustannustehokkaasti, laadukkaasti ja aikataulun mukaisesti. Tehokkaalla toimitusketjun hallinnalla pystytään vaikuttamaan myös työmaiden tuottavuuteen

ja ympäristötehokkuuteen. Kohdeyrityksen toimintajärjestelmä käsittää useita eri hankinnan prosesseja. Tässä tutkimuksessa hankinnan prosessi on rajattu käsittelemään operatiivista hankintaa. Operatiivisella hankinnalla tarkoitetaan projektikohtaista hankintaa, jossa hankinnat (aliurakat, materiaalit, palvelut) tehdään kohdekohtaisesti jollekin projektille. Operatiivisen hankinnan prosessi on esitetty kuvassa (Kuva 16). Prosessin vaiheet on käsitelty tarkemmin luvussa 2.3 Hankintaprosessi.



Kuva 16. Kohdeyrityksen operatiivisen hankinnan prosessi.

Tutkimuksen kohdeyrityksen sisällä on tunnistettu kymmenen taloudellisesti merkittävintä suoranaisesti rakentamiseen liittyvää hankintanimikettä. Rakentamisen ulkopuolisia tai infrarakentamisen nimikkeitä ei ole huomioitu. Merkittävimmät hankintanimikkeet on esitetty kuvassa (Kuva 17). Kuvassa esitetyt merkittävimmät hankintanimikkeet ovat rakennustuote- tai aliurakkahankintoja eli hankinnat koostuvat joko materiaalista tai työsuorituksesta tai ovat näiden yhdistelmiä. Kohdeyrityksessä tunnistetut merkittävimmät hankintanimikkeet jakautuvat kriittisiin hankintoihin ja volyymioistoihin. Kuten kuvasta nähdään, kriittiset hankinnat, eli betonielementit, maanrakennus ja talotekniikka (LVI-työt, sähköasennustyöt), ovat kaikki taloudellisesti merkittävimpien hankintojen kärkipäässä. Betonielementit muodostavat selkeästi kärkikymmenikön suurimman kustannuserän. Volyymioistoista betoni ja betonityöt muodostavat toiseksi suurimman kustannuserän.

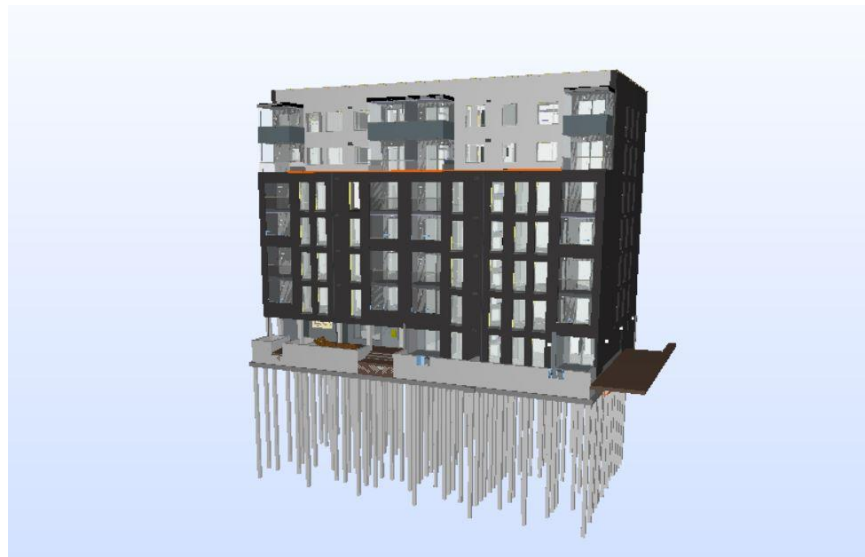


Kuva 17. Kohdeyrityksen kymmenen taloudellisesti merkittävintä hankintanimikettä.

5.2.2 Case-projekti ja tietomallintaminen kohdeyrityksessä

Tutkimuksessa tarkasteltiin yhtä case-projektia, joka sijaitsee Pirkanmaan alueella. Case-projekti käsittää seitsemänkerroksisen asuinkerrostalon, jossa on yhteensä 54 asuntoa ja jonka huoneistoala on 2 309 neliömetriä. Kohteen asunnot vaihtelevat 24,5 neliön yksiöistä 106 neliön 4-5 huoneen asuntoihin. Asuinrakennus liittyy maan alla sijaitsevaan korttelin yhteiseen pysäköintihalliin. Tutkimuksen kohdeyritys toimii projektissa perustajaurakoitsijana eli case-projekti on tutkimuksen kohdeyrityksen omaperustaista asuntotuotantoa (gryndi). Case-projekti on tutkimuksen aikana rakennusvaiheessa ja sen on tarkoitus valmistua lokakuussa 2019. Kuvassa (Kuva 18) on esitetty yleisnäkymä case-projektin yhdistelmämallista Solibri Model Checker-mallintarkasteluohjelmasta.

Case-projekti edustaa hyvin tyypillistä asuinkerrostaloa, jonka suunnittelu on toteutettu tietomallipohjaisesti. Case-projektissa mallintavan suunnittelun lähtökohtana toimivat Yleiset tietomallivaatimukset (YTV 2012), elementtisuunnittelun mallinnusohjeet (BEC 2012), tietomallien suunnitteluakohtaiset tietosisältövaatimukset, projektin tietomalliohje sekä eri suunnittelualueiden tietomallien tarkastuslistat. Case-projektissa on pidetty tietomallinnuksen aloituspalaveri, jossa on käsitelty projektin tietomalliohje ja tehty tarvittavat täsmennykset ja muutokset. Projektin tietomalliohjeessa kuvataan hankkeen tietomallintamisen tavoitteet, tietomallien käyttötarkoitukset, tietomallintamisen osapuolet, käytettävät ohjelmistot, kokouskäytännöt, tietojen tallentamisen ja tiedonsiirron käytännöt sekä tietomallien laadunvarmistusmenetelmät. Ohjeen tarkoituksena on varmistaa, että tietomallipohjainen suunnittelu palvelee kohdeyritystä mahdollisimman tehokkaasti.



Kuva 18. Yleisnäkymä case-projektin yhdistelmämallista. Kuva otettu Solibri Model Checker- mallintarkasteluohjelmasta.

Tietomallintaminen on kokonaisvaltainen tapa hallita rakennushankkeen tietoja digitaalisessa muodossa. Eri suunnittelualojen malleja ja yhdistelmämallia voidaan hyödyntää esimerkiksi vaihtoehtojen vertailussa, määrä- ja kustannuslaskennassa, hankinnoissa, tuotannonsuunnittelussa ja rakentamisessa. Projekteissa, joissa kohdeyrityksellä on suunnitteluvastuu, noudatetaan kohdeyrityksen tietomallinnusohjeistuksia. Mallinnetuissa projekteissa jokainen suunnitteluala tuottaa oman tietomallinsa, jotka sitten yhdistetään yhdistelmämalliksi. Tietomallien tarkastamisen ja tietomallien yhdistämisen toteuttaa kohdeyrityksen tietomallintamisen tukihenkilö. Tietomallien yhdistämiseen ja tarkastamiseen käytetään Solibri Model Checker- mallintarkasteluohjelmaa. Solibrin lisäksi kohdeyrityksellä on käytössä muun muassa Tekla Structures ja Field3D, joita hyödynnetään esimerkiksi asennusjärjestyksen suunnittelussa ja suunnitelmien havainnollistamisessa työmaalla.

5.3 Haastattelututkimus

Tutkimushaastattelut voidaan jaotella haastattelulajeihin sen mukaisesti, kuinka strukturoitu ja kuinka muodollinen haastattelutilanne on kyseessä. Yhtenä ääripäänä toimii täysin strukturoitu haastattelu. Täysin strukturoidussa haastattelussa haastateltavalle on etukäteen laadittu luettelo kysymyksistä, jotka esitetään hänelle tietyssä järjestyksessä. Toisena ääripäänä toimii täysin strukturoimaton haastattelu eli täysin vapaa haastattelu. Tällaisessa vapaassa haastattelussa haastateltavalle esitetään jokin aihe tai aihealue, jonka ympärillä keskustelu käydään täysin vapaasti rönseyllä. Tutkimushaastattelut voi-

daan jakaa tämän perusteella kolmeen ryhmään: strukturoitu haastattelu eli lomakehaastattelu, teemahaastattelu ja avoin haastattelu (Hirsjärvi et al. 2018). Neljäntenä tutkimushaastattelun tyyppinä voidaan pitää puolistrukturoitua haastattelua (Eskola & Suoranta 2014). Strukturoitu haastattelu tapahtuu etukäteen laadittua kysymyslomaketta apuna käyttäen. Kysymysten ja väittämien muotoilu ja järjestys on etukäteen täysin määrätty. (Hirsjärvi et al. 2018.) Järjestys ja muotoilu pysyvät samana haastateltavasta riippumatta. Strukturoidun haastattelun ideana on, että kysymysten merkitys on kaikille haastateltaville sama. Strukturoitua haastattelua voidaan tilanteena verrata kyselylomakkeen ohjattuun täyttämiseen. Puolistrukturoitu haastattelu eroaa strukturoidusta haastattelusta siten, että valmiiden vastausvaihtoehtojen sijaan haastateltavat saavat vastata kysymyksiin omin sanoin. (Eskola & Suoranta 2014.)

Teemahaastattelu on strukturoidun haastattelun ja avoimen haastattelun välimuoto. Teemahaastattelussa haastattelun teemat eli aihealueet on määritetty etukäteen, mutta kysymysten tarkkaa muotoilua tai järjestystä ei ole määrätty. (Hirsjärvi et al. 2018.) Haastattelijan tehtävänä on varmistaa, että kaikki aihealueet käydään haastattelussa lävitse. Aihealueiden muotoilu, järjestys ja laajuus vaihtelevat haastateltavasta riippuen. Teemahaastattelu on muodoltaan avoimempi, joten siinä haastateltavalla on mahdollisuus puhua asioista hyvin vapaamuotoisesti. Haastatteluissa läpikäydyt teemat takaavat kuitenkin sen, että keskusteluissa pysytään kutakuinkin samoissa aiheissa. (Eskola & Suoranta 2014.) Avoimen haastattelun tarkoituksena on nostaa esille haastateltavan omia ajatuksia, mielipiteitä, tunteita ja käsityksiä aiheeseen liittyen sitä mukaa, kun niitä nousee keskustelun lomassa esille. Aihe voi helposti muuttua keskustelun kuluessa. Avoin haastattelu muistuttaakin kaikista haastattelulajeista eniten tavallista keskustelua. Tämän vuoksi avoin haastattelu vie yleensä enemmän aikaa ja saattaa vaatia myös useampia haastattelukertoja. Kun haastattelulle ei ole etukäteen määritetty kiinteää runkoa, jää haastattelun ohjaaminen täysin haastattelijan vastuulle. Avoin haastattelu onkin tämän vuoksi haasteellisempi kuin muut haastattelun muodot. (Hirsjärvi et al. 2018.)

Tutkimushaastattelut voidaan toteuttaa joko yksilöhaastatteluna, parihaastatteluna tai ryhmähaastatteluna. Parihaastattelu on ryhmähaastattelun alamuoto. Tavallisimmin tutkimushaastattelut toteutetaan yksilöhaastatteluna. Ryhmähaastattelu on kuitenkin tehokas aineistonkeruun muoto, sillä siinä tietoa voidaan kerätä usealta haastateltavalta samanaikaisesti. Ryhmähaastattelu on oiva valinta silloin, kun voidaan olettaa, että haastateltavat jännittävät haastattelutilannetta. Ryhmähaastattelussa ryhmän jäsenet voivat auttaa toisiaan muistamaan asioita sekä korjaamaan mahdollisia väärinymmärryksiä.

Toisaalta ryhmähaastattelutilanteessa dominoivat osapuolet saattavat määrätä keskustelun suunnan ja ryhmän paine saattaa estää osapuolia kertomasta ryhmän kannalta negatiivisia asioita. (Hirsjärvi et al. 2018.)

Tämän tutkimuksen haastattelut toteutettiin haastateltavasta osapuolesta riippumatta teemahaastatteluina. Tutkimuksessa haastateltiin kaikkia hankintaprosessin osapuolia: alihankkijat, suunnittelijat, suunnittelunohjaus, hankinta, laskenta ja tuotanto. Jokaiselle osapuolelle laadittiin haastatteluja varten omat haastatteluteemat, jotka löytyvät tutkimuksen liitteenä (Liite A). Kaikki haastateltavat osapuolet työskentelevät case-projektin parissa. Tutkija koki teemahaastattelun tutkimuksen kannalta otollisimmaksi haastattelulajiksi, sillä teemahaastattelun keinoin pystyttiin parhaiten taltioimaan ja hyödyntämään eri osapuolten kokemusperäinen tieto ja osaaminen. Teemahaastattelu on haastattelulajina strukturoitua kysymysrunkoa avoimempi, joten sen avulla saatiin varmemmin haastatteluissa esiin yksilöiden omia mielipiteitä ja näkemyksiä. Teemahaastattelu mahdollisti lisäksi tarkentavien kysymysten esittämisen haastattelun aikana sekä ennalta määrättyihin teemoihin, että mahdollisesti haastattelussa esiin tulleisiin uusiin asioihin liittyen.

Tutkimus aloitettiin haastattelututkimuksella. Tutkimushaastattelut toteutettiin haastateltavasta osapuolesta riippuen yksilö-, pari- tai ryhmähaastatteluna. Alihankkijoiden haastattelut toteutettiin yksilöhaastatteluina. Muiden osapuolten haastattelut toteutettiin yhtä lukuun ottamatta joko pari- tai ryhmähaastatteluina. Tutkija koki pari- ja ryhmähaastattelut käytännön kannalta parhaaksi haastattelumuodoksi, sillä haastateltavat osapuolet työskentelevät lähtökohtaisestikin ryhmässä, heidän työnkuvansa ovat samat tai he työskentelevät yhdessä tapaustutkimuksen kohteen parissa. Tutkijasta tuntui luonnolliselta haastatella esimerkiksi kohdeyrityksen hankintatiimi tai tapaustutkimuksen kohteen arkkitehtisuunnittelijat saman aikaisesti. Haastatteluista saatiin ehjiä kokonaisuuksia, kun yksi hankintaprosessin osapuoli haastateltiin kokonaisuudessaan yhtenä ryhmänä. Ryhmähaastattelun avulla pystyttiin laajemmin keräämään kunkin osapuolen kokemusperäinen tieto ja osaaminen.

Kaikki haastattelut nauhoitettiin haastattelijan toimesta. Jokaiselta haastateltavalta pyydettiin suullinen suostumus nauhoittamiseen. Nauhoittaminen tapahtui haastateltavan matkapuhelimen nauhoitussovelluksen avulla. Haastatteluiden nauhoittaminen antoi haastattelijalle mahdollisuuden keskittyä pelkästään haastatteluun, mikä teki keskustelusta rennompaa ja luonnollisempaa. Nauhoittamisen avulla haastattelussa esille tullut tieto pystyttiin tallentamaan mahdollisimman tarkasti tutkimuksen jatkoa varten. Tutkimushaastatteluja pidettiin yhteensä 13 kappaletta ja haastatteluihin osallistui yhteensä 21 henkilöä. Haastatteluista seitsemän oli yksilöhaastatteluja, neljä parihaastatteluja ja

kaksi ryhmähaastatteluja. Haastatteluaineistoa kerättiin yhteensä 12 tuntia ja 32 minuuttia. Haastatteluaineisto on käsitelty ja raportoitu Euroopan Unionin (EU) yleisen tietosuoja-asetuksen (GDPR) mukaisesti täysin nimettömästi ja aineisto on tutkimuksen valmistumisen jälkeen tuhottu. Taulukkoon (Taulukko 4) on kirjattu haastatteluiden ajankohdat, haastateltava osapuoli ja haastatteluiden kestot.

Taulukko 4. Tutkimushaastattelut.

Nro	Ajankohta	Osapuoli	Tehtävä	Kesto
1	6.11.2018	Alihankkija	Sähköurakoitsija	0:18:00
2	15.11.2018	Suunnittelija	Sähkösuunnittelija	0:32:13
3	27.11.2018	Laskenta	Laskentainsinööri, laskentapäällikkö, laskennan ICT-vastaava	1:22:27
4	3.12.2018	Tuotanto	Tuotantotoinnööri, tuotantotoinnööri	0:56:46
5	3.12.2018	Alihankkija	IVA-urakoitsija	0:12:41
6	5.12.2018	Suunnittelun ohjaus	Suunnittelupäällikkö, projekti-insinööri	2:07:51
7	10.12.2018	Alihankkija	Elementtitoimittaja	0:41:06
8	11.12.2018	Suunnittelija	Pääsuunnittelija, arkkitehtisuunnittelija	1:32:22
9	11.12.2018	Suunnittelija	Rakennesuunnittelija, elementtisuunnittelija	1:00:16
10	12.12.2018	Suunnittelija	LVI-suunnittelija	0:52:41
11	18.12.2018	Alihankkija	LVV-urakoitsija	0:32:54
12	18.12.2018	Alihankkija	Ikkunatoimittaja	0:38:16
13	20.12.2018	Hankinta	Hankintapäällikkö, hankintainsinööri, hankintainsinööri	1:44:31

Kaikkien haastatteluiden nauhoitteet litteroitiin haastattelijan toimesta. Jokainen haastattelu litteroitiin eli kirjoitettiin puhtaaksi omaksi dokumentikseen. Haastattelut litteroitiin tutkimuksen aihetta silmällä pitäen eli ainoastaan tutkimuksen aiheeseen liittyvä keskustelu litteroitiin ja aiheesta poikkeavat keskustelut jätettiin litteroimatta. Samoin haastattelijan omat puheenvuorot ja haastattelun tai kysymysten pohjustukset jätettiin litteroimatta. Litteroinnissa jätettiin huomiotta myös turhat täytesanat, toistot ja keskenjääneet lauseet. Litteroinnissa noudatettiin kielioppisääntöjä siinä määrin kuin haastateltavat puheenvuoroissaan niitä noudattivat. Haastattelija ei lähtenyt litteroinnissa korjaamaan nauhoitteessa ilmi tulleita kielioppivirheitä. Litteroitua aineistoa kertyi tutkimuksessa yhteensä 62 sivua. Aineisto on litteroitu EU:n yleisen tietosuoja-asetuksen mukaisesti ja litterat on tutkimuksen valmistumisen jälkeen tuhottu.

Tutkimushaastatteluiden litteroitu aineisto jäsennehtiin haastatteluteemojen avulla yhteisiksi osakokonaisuuksiksi. Aluksi luotiin erilliset dokumentit niiden hankintaprosessin osapuolten haastatteluaineistoille, joiden haastatteluista oli useampia kuin yksi. Näihin dokumentteihin koottiin kaikki saman osapuolen haastatteluaineistot yhdeksi yhteiseksi aineistoksi. Näin jokaisella haastattelulla osapuolella oli oma dokumenttinsa. Näiden dokumenttien pohjalta alettiin koostaa haastattelututkimuksen tuloksia. Tutkimustulokset otsikoitiin haastatteluteemojen mukaisesti. Pienempiä toisiinsa tiiviisti liittyviä teemoja yhdistettiin tarpeen mukaan isommiksi kokonaisuuksiksi. Teemojen alle yhdisteltiin niihin olennaisesti liittyvä aineisto. Kootut haastattelutulokset on esitetty luvussa

6. Haastattelututkimuksen tulokset on esitetty kokonaisuudessaan tutkimuksen liitteenä (Liite C).

5.4 Kyselytutkimus

Kyselytutkimus on yksi aineistonkeruun perusmenetelmistä. Kyselytutkimuksen etuna on, että sen avulla pystytään keräämään nopeasti laaja tutkimusaineisto. Kyselytutkimus on aineistonkeruumenetelmänä tehokas, sillä kyselytutkimukseen voi osallistua ihan, kuinka monta henkilöä tahansa. Menetelmä myös säästää tutkijan aikaa ja vaivannäköä ja saadun tutkimusaineiston käsitteleminen ja analysointi onnistuvat nopeasti, kunhan kyselylomake on huolellisesti suunniteltu ja laadittu. Kyselytutkimus aloitetaan laatimalla kyselylomake. Lomakkeen kysymykset voivat olla joko monivalintakysymyksiä, avoimia kysymyksiä tai asteikkoihin eli skaaloihin perustuvia kysymyksiä. Monivalintakysymyksissä tutkija on etukäteen laatinut valmiit vastausvaihtoehdot, joista vastaaja valitsee yhden tai useamman, riippuen ohjeistuksesta. Avoimissa kysymyksissä vastaajalle esitetään kysymys ja vastausta varten on jätetty vain tyhjä tila. Asteikkoihin perustuvissa kysymyksissä vastaajalle esitetään väittämiä ja vastaaja valitsee annettua asteikkoa käyttämällä sen, miten voimakkaasti hän on väittämän kanssa samaa mieltä tai eri mieltä. Avoimet kysymykset sallivat vastaajien tuoda esiin omia ajatuksiaan ja mielipiteitään omin sanoin, kun taas monivalintakysymykset tuottavat helposti käsiteltäviä ja vertailtavia vastauksia. (Hirsjärvi et al. 2018.)

Kyselytutkimus voidaan toteuttaa kahdella tavalla: posti- ja verkkokyselynä tai kontrolloituna kysely. Posti- ja verkkokyselyssä lomake lähetetään tutkittaville henkilöille, jotka täyttävät kyselylomakkeen itsenäisesti ja palauttavat sen sitten tutkijalle. Menetelmän etuna on sen nopeus ja vaivattomuus. Postikyselyssä kyselylomakkeet lähetetään ja palautetaan postitse. Verkkokyselyssä kyselylomake voidaan toimittaa tutkittaville sähköpostitse tai kyselytutkimus voidaan toteuttaa kokonaan sähköisesti, jolloin tutkittaville lähetetään ainoastaan linkki sähköiseen kyselylomakkeeseen. Posti- ja verkkokyselyn suurin ongelma on kato. Tutkimuksen aihepiirin kiinnostavuus ja tutkittavien joukko määrittävät sen, kuinka suuri kyselytutkimuksen kato tulee olemaan. Suurelle tutkittavien joukolle kohdistettu kyselytutkimus tuottaa yleensä matalamman vastausprosentin kuin pienemmälle valikoidulle joukolle tehty kyselytutkimus. Mitä tärkeämpi tai läheisempi kyselytutkimuksen aihe on vastaajille, sitä korkeammaksi vastausprosentti luultavasti kasvaa. Useimmiten tutkijan on kannattavaa muistuttaa vastaajia kyselytutkimuksen vastausaikana, sillä tämän on todettu nostavan vastausprosenttia. (Hirsjärvi et al. 2018.)

Kontrolloidussa kyselyssä tutkija joko toimittaa kyselylomakkeet tutkittaville henkilöille henkilökohtaisesti tai tutkija käy noutamassa postitetut kyselylomakkeet tutkittavilta henkilöiltä sovitun ajan kuluttua. Menetelmän tarkoituksena on, että tutkija voi henkilökohtaisesti kyselylomakkeita jakaessaan kertoa tutkimuksestaan tarkemmin, selostaa kyselytutkimusta tai vastata tutkittavien mahdollisiin kysymyksiin tai noutaessaan postitettuja lomakkeita tutkija voi tarkistaa lomakkeet ja keskustella lomakkeiden täyttämisestä ja tutkimukseen liittyvistä kysymyksistä tutkittavien kanssa. (Hirsjärvi et al. 2018.)

Kyselytutkimus toteutettiin yhtä aikaa haastattelututkimuksen kanssa. Kyselytutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa hankintahenkilöstön tietomallikoulutuksen tarvetta sekä henkilöstön kouluttautumishalukkuutta. Samalla kyselytutkimuksessa kerättiin tutkimuksen aiheeseen liittyvää kokemuseräistä tietoa. Kyselytutkimus toteutettiin sähköisenä verkkokyselynä Webropol- kyselytyökalun avulla. Kyselytutkimuksessa hankintahenkilöstön koulutustarvetta ja kouluttautumishalukkuutta kartoitettiin lähinnä monivalintakysymysten avulla ja tutkimuksen aiheeseen liittyvää kokemuseräistä tietoa kerättiin avoimien kysymysten kautta. Kyselytutkimus toteutettiin puolistrukturoidulla kyselylomakkeella, joka löytyy tutkimuksen liitteenä (Liite B). Tutkija oli vastuussa lomakkeen kysymysten laatimisesta, tutkittavien valinnasta sekä sähköisen linkin toimittamisesta tutkittaville. Sähköinen kyselylomake luotiin Webropol- työkalulla kohdeyrityksen viestintäyksikössä. Linkki sähköiseen verkkokyselyyn lähetettiin sähköpostitse 52 kohdeyrityksen hankintahenkilölle. Linkki lähetettiin vastaanottajille 23.11.2018 ja tutkittavia pyydettiin vastaamaan kyselytutkimukseen 7.12.2018 mennessä. Vastausaikaa tutkittaville jäi tasan kaksi viikkoa ja tuona aikana tutkija lähetti tutkittaville yhden muistutusviestin 4.12.2018. Kohdeyrityksen viestintä sulki kyselylomakkeen tutkijan pyynnöstä vastausajan päätyttyä. Kyselytutkimukseen vastasi yhteensä 20 henkilöä eli kyselytutkimuksen vastausprosentti oli 38%. Kyselytutkimuksen vastausten yhteenveto saatiin taulukoituna kyselytyökalun avulla. Tästä aineistosta koostettiin kyselytutkimuksen tulokset, jotka on esitetty luvussa 7.

6. TIETOMALLIN HYÖDYNTÄMINEN OPERATIIVIS- SESSA HANKINNASSA HAASTATTELUIDEN MUKAAN

6.1 Suunnitteluprosessi

Hankkeen alkuvaiheessa luodaan hankesuunnitelma, jossa määritellään hankkeen sisältö sekä hankkeen laatu- ja kustannustasotavoitteet. Hankesuunnitelman tarkoitus on ohjata suunnittelua. Hankkeen hahmottaminen ilman minkäänlaisia luonnoksia on kuitenkin haastavaa. Tästä syystä arkkitehdin on oltava mukana hankkeessa jo hankesuunnitteluvaiheessa. Muu suunnitteluryhmä kasataan hankkeen luonnossuunnitteluvaiheessa. Kun L1-tasoiset luonnossuunnitelmat on saatu valmiiksi, edetään prosessissa kohti hankelaskelmaa. Hankelaskelma on koko hankkeen kannattavuuden ydin ja siksi se onkin koko prosessin haasteellisin vaihe. Jos hankkeen talous on laskelman mukaan kannattava, voidaan edetä prosessissa eteenpäin. Jos hankelaskelma taas ei ole kannattava, on hankkeen kustannuksia karsittava. Kustannuksiin voidaan vaikuttaa esimerkiksi etsimällä kustannustehokkaampia materiaaliveikkoja ja suunnitteluratkaisuja. Laskelmaa muokataan niin kauan, että hankkeen talous on kannattava. Hankelaskelmavaiheessa kaikkien osapuolten on oltava mahdollisimman rehellisiä ja kaikkien osapuolten on sitouduttava tehtyihin päätöksiin. (Haastattelu 6)

Hankelaskelman kannattavuuden varmistuttua prosessissa edetään L2-tasoihin lukittuihin luonnossuunnitelmiin. Lukituilla luonnossuunnitelmilla tarkoitetaan sitä, että suunnittelun pääasiat, esimerkiksi huoneistopohjat, on lyöty lukkoon ja suunnitelmiin ei enää tämän jälkeen tehdä oleellisia muutoksia. Luonnosten lukitsemisen jälkeen suunnittelu jatkuu rakennuslupasuunnitelmiin ja myöhemmin tuotantosuunnitelmiin. Luonnosten lukitsemisesta eteenpäin suunnittelunohjauksen tehtävänä on valvoa, ettei hankelaskelmassa arvioituja kustannuksia ylitetä. Lupasuunnitelmien valmistuttua liikkeelle lähtevät urakkakyselyaineistot ja määrälaskenta. Erityisesti maanrakennusurakan ja betonielementtien tarjouskyselyt pyritään saamaan liikkeelle mahdollisimman aikaisin, sillä niillä on hankkeessa suuri kustannusvaikutus. Määrälaskennan ja urakkakyselyaineistojen valmistuttua pidetään vielä tuotannon suunnitelmakatselmus. Katselmukseen osallistuu koko tuotanto-organisaatio. Katselmuksessa käydään läpi suunnitelmien riittävyys tuotannon näkökulmasta. Mahdollisesti esille tulleet puutteet ja lisäykset korjataan suunnitelmiin. (Haastattelu 6)

Suunnittelunohjauksen tehtävä suunnitteluprosessissa on koota suunnitteluryhmä ja ohjata suunnittelutyötä. Suunnittelunohjaaja ohjaa suunnittelua yrityksen suunnittelualustojen, alueellisten linjausten ja tarkennusten sekä asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Toisin sanoen suunnittelunohjaaja valvoo, että suunnittelu kehittyy kohti yrityksen toivomaa tavoitetilaa. Lisäksi suunnittelunohjaaja valvoo suunnittelun kustannustehokkuutta sekä määräysten noudattamista ja eri osapuolien toiveiden toteutumista suunnittelussa. Suunnittelunohjaaja valvoo, että suunnittelu etenee yrityksen sisäisten prosessien mukaisesti. Toinen suunnittelunohjauksen tärkeä tehtävä suunnitteluprosessissa on hankkeen muiden osapuolten sitouttaminen suunnitteluprosessissa tehtyihin päätöksiin. Jos päätöksiä ei muuten synny, jää päätöksenteko viime kädessä suunnittelunohjaajan vastuulle. Päätöksiin pitäisi sitouttaa niin tuotanto-organisaatio, hankinta- ja laskentatoimi kuin muutkin hankkeen osapuolet. Valitettavasti päätökset ovat usein kompromisseja, sillä kaikkia osapuolia ei voida miellyttää. Tärkeintä on, että päätökset ovat yrityksen edun mukaisia. (Haastattelu 6)

6.1.1 Suunnitteluprosessin haasteet ja kehittäminen

Suunnitteluprosessissa kohdataan matkan varrella erilaisia haasteita kohteen vaikeus- tasosta ja laajuudesta riippuen. Case-projektissa vastaan tuli niin yleisesti suunnitteluun liittyviä kuin tapauskohtaisiakin haasteita. Suunnitteluprosessin pituudesta johtuen on hyvin todennäköistä, että osa henkilöstöstä vaihtuu prosessin aikana. Case-projektissa ovat vaihtuneet arkkitehtisuunnittelija, päärakennesuunnittelija, suunnittelunohjaaja, LVIA-suunnittelija (lämpö-, vesi/viemäri-, ilmastointi- ja automaatio-suunnittelija) sekä pohjarakennesuunnittelija kesken projektin. Henkilöstön vaihtuvuus saattaa aiheuttaa projektissa informaation katoamista. (Haastattelu 2; Haastattelu 6; Haastattelu 8; Haastattelu 9; Haastattelu 10.) Kaikki tieto pitäisikin dokumentoida niin, että tieto on kaikkien projektin osapuolten käytettävissä. Informaatio ei saisi olla yhden ihmisen varassa. Esimerkiksi arkkitehtisuunnittelijan vaihtuminen kesken projektin ei aiheuttanut toimiston sisällä tietokatkosta, sillä kaikki toimistolla työskentelevät ovat perillä käynnissä olevista projekteista. Näin suunnittelutyötä on mahdollista siirtää tarpeen tullen suunnittelijalta toiselle. Suunnitteluprosessin pituuteen liittyen haasteita aiheutuu myös korttelisuunnittelusta. Case-projekti on osa isompaa asuinkorttelia, joka on suunniteltu jo 3-4 vuotta aikaisemmin. Suunnitteluprosessin pituus aiheuttaa haasteita myös resurssien ja aikataulun hallinnassa. Projektin suurin työpanos painottuu hankkeen alkupään hanke- ja luonnossuunnitteluvaiheeseen. Tämän jälkeen suunnitelmia ainoastaan päivitetään ja täydennetään. (Haastattelu 8.)

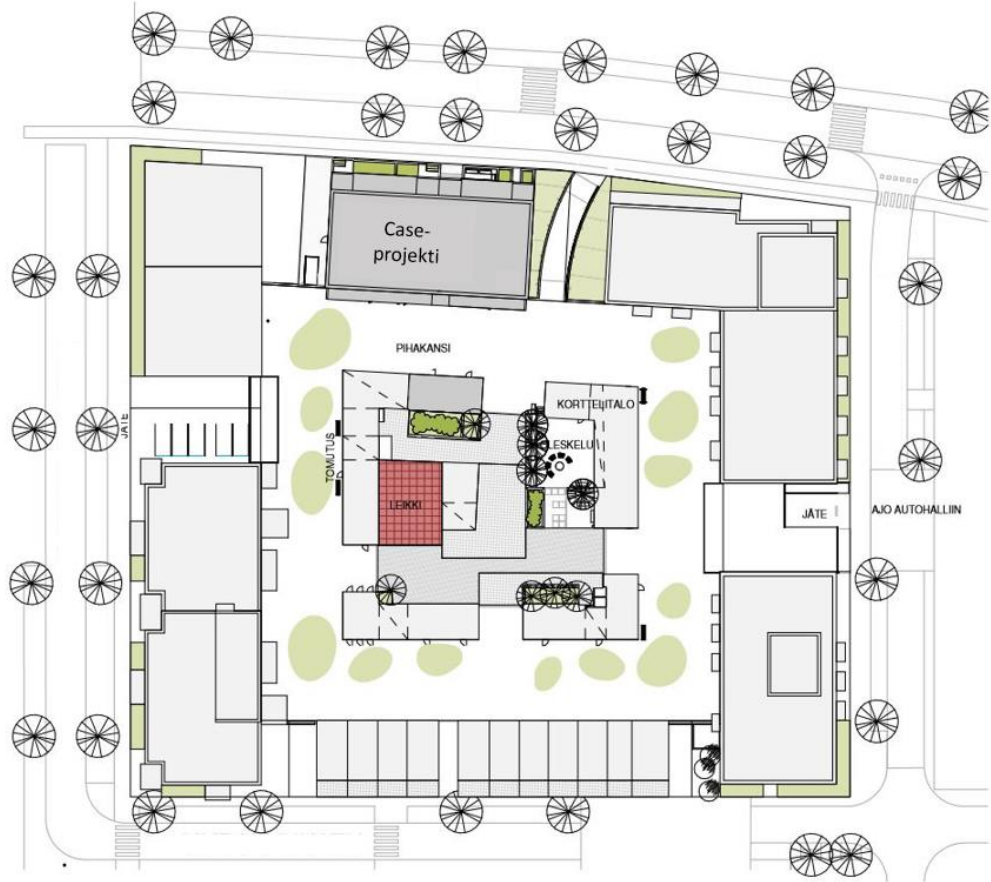
Jokaisen hankkeen lähtökohtana on asemakaavan tulkitseminen. Kaavassa on määrätty tiettyjä asioita, kuten esimerkiksi rakennuksen julkisivun väri. Kaavassa määrätty asiat

on otettava huomioon suunnittelussa ja suunnittelun päälinjat neuvotellaan yhteistyössä kaupungin kanssa. Case-projektin asemakaavassa on määrätty, että rakennuksen kaksi ylintä kerrosta tulee toteuttaa niin sanotusti sisäänvedettyinä. Kyseisen alueen asemakaavassa kaikissa yli viisikerroksisissa taloissa ylimmät kerrokset (yli viidennen kerroksen) on määrätty toteutettavaksi sisäänvedettyinä. Tällaisissa tilanteissa on tärkeää tutkia tarkkaan erilaisia vaihtoehtoisia ratkaisuja niin käytännön toteutuksen kuin kustannusten kannalta. Asemakaavassa määrätyt suunnitteluratkaisut saattavat aiheuttaa ihmetystä suunnittelijoiden keskuudessa tai hankkeen muissa osapuolissa, jos he eivät tunne alueen asemakaavaa. (Haastattelu 8.)

Case-projekti sijoittuu erittäin ahtaalle tontille, joka on jokaisesta nurkastaan kiinni ympäröivissä rakenteissa. Rakennus on kiinni parkkihallissa, jonka kansi on kahteen suuntaan vino rakenne. Tontissa kiinni olevia katuja ei ole vielä rakennettu, eikä niiden korkoa vielä tarkkaan tiedetä. Tontin ahtaus on aiheuttanut hankaluuksia rakennuksen sijoittelussa samaan koordinaatistoon ympäröivien rakenteiden kanssa sekä esteettömyyden suunnittelussa ja toteuttamisessa. (Haastattelu 6; Haastattelu 8; Haastattelu 9.) Luonnosvaiheessa suunnittelussa joudutaan tekemään joskus arvauksia siitä, mihin jokin rakennusosa lopulta sijoittuu. Tällaiset asiat tarkentuvat suunnittelun edetessä. Muutoksien ja päivitysten vuoksi suunnittelijoiden välisessä tiedonkulun hallinnassa tulee olla erityisen tarkkana, jotta jokaisella suunnittelijalla on omassa suunnittelutyössään käytössä muiden suunnittelualojen uusimmat suunnitelmat. (Haastattelu 8.) Alla olevassa kuvassa on esitetty case-projektin asemapiirros (Kuva 19).

Tyypillinen haaste suunnittelussa on kompromissin löytäminen eri suunnittelualojen suunnitelmien välillä. Suunnitteluratkaisut voivat lähtökohtaisestikin olla haastavia. Lisäksi muutokset yhden suunnittelualan suunnitelmissa vaikuttavat aina myös muiden suunnittelualojen suunnitelmiin. Muiden suunnittelualojen suunnittelijat tekevät oman suunnittelutyönsä arkkitehdin suunnitelmien pohjalta, joten muutokset arkkitehdin suunnitelmissa aiheuttavat muutoksia kaikkien muiden suunnittelualojen suunnitelmiin. Case-projektin suunnittelussa haasteita aiheuttivat muun muassa ylimpien kerrosten kattorakenteet, runkorakenteet porrashuoneen kohdalla, seinämäiset palkit sekä talotekniikan osalta käytävien ja välipohjien tekniikka. (Haastattelu 2; Haastattelu 8; Haastattelu 9; Haastattelu 10.) Suunnitelmamuutosten osalta on myös muistettava, että suunnitelmien valmiustaso on sidottu suunnittelusopimuksissa suunnittelijoiden maksuerätaulukoihin. Jos valmiisiin suunnitelmiin halutaan tehdä muutoksia, ovat muutokset silloin suunnittelijoiden lisätyötä. Suunnitelmia tulisi muokata hankkeen alkuvaiheessa tarpeeksi kauan, jotta niihin ei enää suunnitelmien lukitsemisen jälkeen tarvitsisi tehdä muutoksia.

(Haastattelu 8.) Panostamalla suunnitteluun hankkeen alkuvaiheessa välttyttäisiin kaksinkertaiselta suunnittelutyöltä (Haastattelu 2; Haastattelu 8; Haastattelu 9; Haastattelu 10).



Kuva 19. Case-projektin asemapiirros.

Yrityksen kannalta korttelirakentamisessa on hyvät ja huonot puolensa. Haasteellista korttelirakentamisessa on esimerkiksi liittyvien kustannusten jakaminen ja huomioiminen. Kun kortteliin rakennetaan kaikkia korttelin asunto-osakeyhtiöitä palvelevia katu- ja talotekniikkaliittymiä sekä esimerkiksi kaikkia korttelin asukkaita palveleva parkkihalli, näistä muodostuvat kustannukset on laskettava ja jaettava oikein korttelin asunto-osakeyhtiöiden kesken. Kokonaisuuden hahmottaminen on korttelisuunnittelussa yksi avaintekijä. Esimerkiksi Tampereen alueella korttelisuunnitelma on hyväksytettävä Tampereen kaupungin laaturyhmällä. Tämä on yrityksen kannalta hyvä käytäntö, sillä korttelisuunnittelussa joudutaan tällöin tarkastelemaan aluetta kokonaisuutena ja määrittämään kyseiselle korttelille sopivat rakennushankkeet. Haasteena korttelisuunnittelussa ovat kuitenkin kaupungin asettamat vaatimukset. Esimerkiksi Tampereen kaupunki käsittelee taloja yksilöinä. Jotta kortteli olisi monimuotoinen on korttelin talojen itsessään oltava

monimuotoisia. Ajatus kuitenkin olisi, että talot itsessään olisivat yksinkertaisia ja eroaisivat toisistaan esimerkiksi väriltään tai muodoltaan ja tästä muodostuisi korttelin monimuotoisuus. (Haastattelu 6.)

Suurimmat yllätykset suunnitteluprosessissa ilmenevät yleensä hankkeen hankintavaiheessa. Jos hankintavaiheessa huomataan, että jokin hankintanimike onkin kustannuksiltaan luultua korkeampi, on tällöin etsittävä nimikkeelle kustannustehokkaampia ratkaisuja. Mahdolliset nimikkeisiin liittyvät kustannuskysymykset on selvitetty jo hankkeen luonnossuunnitteluvaiheessa ja hankkeen kaikkien osapuolien pitäisi olla sitoutuneita luonnosvaiheessa tehtyihin päätöksiin. Tehdyissä päätöksissä pysyminen on oleellinen osa suunnitteluprosessia, sillä suunnitelmamuutosten tekeminen hankkeen myöhäisemässä vaiheessa on työlästä. Edellä mainitut yllätykset saattavat johtua esimerkiksi kustannustason vaihteluista. Vuonna 2018 rakennuslupalailla oli havaittavissa selkeää kustannusnousua, mikä on varmasti osaltaan vaikuttanut hankkeiden talouteen. Kustannusvaihteluista voi olla vaikea ennustaa ja ne saattavat aiheuttaa heittoja kustannuksiin, vaikkakin suunnittelussa olisi alun perin tehty kustannustehokkaita ratkaisuja. (Haastattelu 8.)

Yllättävät kustannusnousut voivat hankaloittaa hankkeen taloutta, sillä kustannusten korjaaminen vaihtoehtoisilla materiaali- tai suunnitteluratkaisuilla rakennuslupan hyväksymisen jälkeen on haasteellista. Tämä riippuu lähinnä siitä, mitä rakennuslupasuunnitelmiin on kirjattu. Jos halutaan esimerkiksi muuttaa rakennuksen julkisivumateriaalia, on ensin tarkistettava mitä lupasuunnitelmiin on julkisivumateriaalista kirjattu. Jos lupasuunnitelmiin on julkisivun kohdalle kirjattu pelkästään ”valkoinen”, lupasuunnitelmissa on ainoastaan määritelty julkisivun väri. Tässä tapauksessa materiaalia voidaan vielä muuttaa. Jos taas lupasuunnitelmissa on tarkkaan määritelty myös julkisivun materiaali, muuttaminen on huomattavasti hankalampaa. Rakennushankkeeseen ryhtyvä saa kuitenkin muuttaa suunnitelmia tietyin edellytyksin: esimerkiksi case-projektissa ollaan hake-massa rakennusaikaista poikkeuslupaa. (Haastattelu 6.)

Rakennushankkeessa on lisäksi olemassa aina kaksi asiaa, joiden kustannuksiin ei pysytty vaikuttamaan: tontin hinta ja pohjaolosuhteet. Rakennuksen perustusten kustannukset voivat vaihdella suuresti pohjaolosuhteista riippuen. Esimerkiksi paalutus on perustamistapana huomattavasti kalliimpi kuin esimerkiksi maanvarainen laatta. Tontti ja pohjaolosuhteet eivät tuota asiakkaalle mitään lisäarvoa, mutta niistä aiheutuneet kustannukset näkyvät asuntojen hinnoissa. Maanrakentamisen kustannuksia on lisäksi vaikea arvioida hankkeen alkuvaiheessa. Vuonna 2018 rakennusalan yllättänyt kustannusnousu on osaltaan aiheuttanut vaikuttanut rakentamisen kustannuksiin. (Haastattelu 6.)

Hankkeiden ja hankintojen kustannuksia pitäisi kuitenkin pystyä tarkastelemaan kokonaisuutena. Kvartaalitarkastelu korostaa ajattelutapaa, jossa jokaista hanketta ja hankintaa ajatellaan yksilönä. Vaikka yksi korttelin kohteista olisi taloudellisesti epäonnistunut, voivat muut korttelin kohteet onnistuessaan kantaa koko korttelia. Tällöin kortteli on kokonaisuutena onnistunut vaikkakin yksi kohde olisi epäonnistunut. (Haastattelu 8.)

Suunnitteluprosessia voitaisiin tehostaa panostamalla enemmän suunnittelijoiden väliseen tiedonkulkuun ja kommunikaatioon sekä lukitsemalla hankkeen lähtötiedot mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tiedonkulku suunnitteluryhmän kesken saattaa paikka paikoin olla hyvinkin hidasta. Joskus suunnitelmia pidetään turhan kauan pelkästään omana tietona, kun suunnitelmat voitaisiin jakaa muiden suunnittelijoiden kanssa jo paljon aikaisemmin. Tämä jouduttaisi suunnitteluprosessia, sillä suunnitelmissa on yleensä risteymäkohtia, jotka on joka tapauksessa korjattava. Suunnittelujärjestyksestä johtuen yhden suunnittelualan suunnitelmien viivästyminen tai suunnitelmien turha pimittäminen muilta suunnittelijoilta saattaa lyhentää toisen suunnittelualan suunnitelmiin käytettävissä olevaa aikaa. Hankkeissa joudutaan usein tekemään kaksinkertaista suunnittelua, sillä ensimmäisten luonnosten ja lopullisten suunnitelmien väliin mahtuu paljon suunnitelmamuutoksia. Varsinkin asuntokohteissa suunnitelmiin tulee väkisin päivityksiä asukasmuutosten takia. Lukitsemalla lähtötiedot mahdollisimman aikaisessa vaiheessa sekä sitouttamalla hankkeen osapuolet tehtyihin päätöksiin, pystyttäisiin suunnitteluprosessia tehostamaan varsinkin mallinnettavissa kohteissa. (Haastattelu 2; Haastattelu 8; Haastattelu 9; Haastattelu 10.)

6.1.2 Suunnittelu-aikataulu

Jokaiselle hankkeelle luodaan projektiaikataulu, joka pohjautuu kohdeyrityksen asunto-projektikehityksen referenssiaikatauluun. Projektiaikatauluun on sisällytetty sekä alkupään hanke- ja luonnossuunnittelu, että tietomallinnusprosessin aikataulu. L2-tasoisten luonnosten lukitsemisen jälkeen, suunnittelu on tiukemmin aikataulutettu ja paremmin valvottavissa. Tämä vaihe vastaa perinteistä suunnittelu-aikataulua ja sisältyy myös projektiaikatauluun. Kohdeyrityksen asuntoprojektikehityksen referenssiaikataulu pohjautuu mallintavaan suunnitteluun. Kaikki juridiset sopimukset, rakennusluvat, urakkakyselyt ja muut perustuvat kuitenkin edelleen paperisiin suunnitelmiin. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa on muistettava, että toistaiseksi suunnitelmat on tulostettava myös paperille. Paperikuvat ovat juridisia asiakirjoja, joiden pohjalta tehdään esimerkiksi urakkasopimus. Tietomalli ei sisällä paperikuvissa olevia tekstimuotoisia tarkennuksia vaan ne lisätään suoraan paperisiin kuviin. Paperikuvien tuottaminen on muistettava ottaa suunnit-

telun aikataulutuksessa huomioon. Tietomallipohjainen rakennuslupaprosessi on kokeilussa pääkaupunkiseudulla, mutta prosessissa on vielä monia ongelmakohtia ratkaistavana. (Haastattelu 6.)

Suunnittelu-aikataulu laaditaan yhteistyössä suunnittelunohjauksen ja suunnittelijoiden kesken. Pääasia suunnittelun aikatauluttamisessa on sopia suunnittelun pääkohdat eli milloin jokin asia tulee olla suunniteltuna. Tärkein tekijä suunnittelun aikatauluttamisessa on osapuolten sitoutuminen yhteisesti sovittuun aikatauluun. Suunnitteluun on myös varattava riittävästi aikaa suunniteltavan kohteen vaikeustasoon ja laajuuteen nähden. Aikataulun laatiminen on haasteellista, sillä kaikkia suunnittelussa vastaan tulevia haasteita voi olla mahdoton ennustaa. (Haastattelu 2; Haastattelu 8; Haastattelu 9.) Aikataulun realistisuus on kuitenkin suurin aikataulun pitämiseen vaikuttava tekijä. Aikataulu on oltava mahdollista saavuttaa. Aikataulussa pysyminen vaatii huolellista resurssien hallintaa niin suunnittelijoiden kuin kohdeyrityksen osalta. Pienissä yrityksissä resurssit ovat yleensä helpommin hallittavissa, mutta haasteena on realistinen suhtautuminen resurssien riittävyyteen. Jos resursseihin suhtaudutaan epärealistisesti, pienet yritykset myyvät itsensä helposti tukkoon. Isommissa yrityksissä resursseja on käytettävissä enemmän, mutta saatavilla olevien resurssien taso ei välttämättä ole tiedossa. Isoissa yrityksissä suunnittelutyö hajautetaan yrityksen sisällä apusuunnittelijoiden ja suunnittelijoiden kesken, jolloin tiedonkulku yrityksen sisällä voi olla haaste. (Haastattelu 6.)

Muita suunnittelu-aikatauluun vaikuttavia tekijöitä ovat suunnitteluryhmän yhteistyökyky, suunnitelmamuutokset, päätöksentekokyky, suunnittelukokousten määrä ja yrityksen sisäiset prosessit (Haastattelu 2; Haastattelu 6; Haastattelu 8; Haastattelu 9). Suunnitteluryhmän välisen kommunikaation on toimittava, jotta suunnittelutyö voi edetä joutuisasti. Päätösten tekeminen on aikataulun kannalta erityisen tärkeää sekä tehdyissä päätöksissä pysyminen, olivat päätökset sitten hyviä tai huonoja. (Haastattelu 8.) Hankkeen alkuvaiheessa suunnitteluprosessin eteneminen on riippuvainen kohdeyrityksen tekemistä päätöksistä. Myöhemmissä vaiheissa suunnitteluprosessin eteneminen on kiinni suunnitteluryhmän yhteistyöstä ja suunnittelunohjauksen päätöksenteosta. Päätöksentekoon vaikuttaa myös tuotannon organisaation osallistuminen suunnitteluprosessiin. Tällä hetkellä suunnitteluprosessiin osallistuu käytännössä hankkeen työpäällikkö, mutta myös kohteen vastaavan mestarin olisi hyödyllistä osallistua suunnittelupalaveriin. Jos tuotanto-organisaatio ei osallistu päätöksentekoon, jää päätösten tekeminen suunnittelunohjauksen vastuulle. Tiedetyt päätökset on tehtävä, jotta prosessissa voidaan edetä. Tämä vaatii myös eri osapuolien sitouttamista. (Haastattelu 6.) Aikatauluun vaikuttaa lisäksi päätettävän asian laatu. Kaikkiin asioihin ei aina voida antaa suoraa vastausta, vaan asiat vaativat tarkempaa paneutumista. (Haastattelu 2; Haastattelu 6.)

Asetetuilla tavoitteilla ja huolellisesti tehdyllä hankesuunnitelmalla on suuri vaikutus suunnitelmamuutosten määrään. Huolellisesti tehdyn hankesuunnitelman avulla voidaan välttyä turhilta suunnitelmamuutoksilta. Tärkeintä on muistaa, että hankesuunnitelma ohjaa suunnittelua eikä toisinpäin. (Haastattelu 8.) Case-projektin suunnitteluaiakataulussa on pysytty, vaikkakin suunnitelmiin on tullut jälkikäteen vielä muutoksia. Esimerkiksi vesikaton suunnitelmia päivitettiin tuotannon organisaation toiveesta. (Haastattelu 9.) Case-projektissa suunnittelukokousten määrä on pysynyt maltillisena ja kokouksissa on löydetty asioihin ratkaisuja. Suunnittelukokouksiin käytetty aika on pois suunnittelijoiden varsinaisesta suunnittelutyöstä. Aikataulun tehostamiseksi on mietittävä tarkkaan, mitä asioita kokouksissa on tarpeellista käsitellä ja missä vaiheessa kunkin osapuolen on tarpeellista osallistua kokouksiin. Mitä enemmän kokouksia on ja mitä pidempi on kokousten kutsulista, sitä suuremmalla todennäköisyydellä kaikki osapuolet eivät pääse kokouksiin paikalle. Tärkeintä on kuitenkin saada käsiteltävien asioiden kanalta oikeat henkilöt paikalle. (Haastattelu 2; Haastattelu 8.)

Yrityksen sisäisten prosessien vuoksi, esimerkiksi määrälaskenta, suunnittelun aikatauluttaminen on välttämätöntä. Suunnitteluprosessin myöhästyminen aiheuttaa ketjureaktion kohdeyrityksen sisäisten prosessien myöhästymisen ja mahdollisesti myös ulkoisten prosessien myöhästymisen. Tarpeen tullen kohdeyrityksen on pystyttävä perustelemaan suunnitteluprosessin osapuolille, miksi asioita aikataulutetaan ja mitkä ovat seuraamukset, jos aikataulusta myöhästyään. Tämä ei välttämättä ole osapuolille itsestään selvyyttä. Aikataulun perusteleminen voi tulla aiheelliseksi myös hankkeen muissa vaiheissa, esimerkiksi työmaan aikana. Suunnitteluaiakatauluun pohjautuu myös hankinnan hankintasuunnitelma. Hankintasuunnitelma voidaan tehdä aikaisintaan rakennuslupavaiheen tuntumassa, jolloin L2-tasoiset luonnokset on lukittu. (Haastattelu 6.) Suunnitteluaiakataulun on tarkoitus ohjata hankintasuunnitelmaa, sillä mitään nimikettä ei voida hankkia ennen suunnitelmien valmistumista. Suunnittelutyöhön on käytettävä riittävästi aikaa, jos tavoitteena on tehdä onnistuneita ja kustannustehokkaita hankintoja. Hutilointi suunnitteluvaiheessa kostahtuu hankkeen hankintavaiheessa. Hankintasuunnitelman ja suunnitteluaiakataulun välistä kommunikaatiota voidaan parantaa sitouttamalla osapuolet hankkeen alkuvaiheessa tehtyihin päätöksiin, sillä hankintavaiheessa tehtävät muutokset ovat työläitä toteuttaa. Prosessi vaatii päätösten tekemistä hyvin aikaisessa vaiheessa, jotta esimerkiksi rakennuslupaa voidaan hakea. (Haastattelu 8.)

6.1.3 Alihankkijoiden osaamisen hyödyntäminen suunnittelu-prosessissa

Case-projektin suunnitteluprosessissa konsulttoitiin alihankkijoita joidenkin materiaalien ja suunnitteluratkaisujen osalta. Yleensä alihankkijat tulevat hankkeeseen mukaan vasta

tarjouspyynnön kautta. Alihankkijoiden konsultointi suunnitteluvaiheessa on kuitenkin järkevää, sillä alihankkijoilla on kattavin ja käytännönläheisin tietämys omista nimikkeistään. Konsultointi voi olla erilaisten suunnitteluratkaisujen tutkimista ja vertailua tai esimerkiksi määräysten tarkistamista. Joskus suunnittelijat saattavat olla suoraan yhteydessä alihankkijoihin. Joidenkin alihankkijoiden sivuilta löytyykin esimerkiksi mallinnusohjeita suunnittelijoille sekä valmiita mallinnusobjekteja. (Haastattelu 1; Haastattelu 5; Haastattelu 6; Haastattelu 7; Haastattelu 11; Haastattelu 12.) Case-projektissa alihankkijoita konsultointiin esimerkiksi parvekkeiden kaideratkaisujen osalta. Varsinkin parvekelasitusten hinnoittelu on hankalaa, sillä kauppaa käydään kokonaishinnasta. Vaikka urakoitsijalla olisikin tiedossa neliöhinnat lasituksille, tarkkaa hintaa lasitusurakalle ei tiedetä. Tiedossa on kuitenkin tekijät, jotka vaikuttavat parvekelasituksen kustannuksiin ja joita tulisi suunnittelussa välttää. Kohteessa konsultointiin alan alihankkijaa, jonka toteutusehdotuksen pohjalta tehtiin muutos parvekelasitussuunnitelmiin. (Haastattelu 6.)

Parvekekaiteiden lisäksi kohteessa konsultointiin alihankkijoita julkisivumateriaaleihin, muurauksiin ja eristeisiin liittyen. Julkisivumateriaalien osalta konsultointiin materiaalitovittajia ja haettiin hintavalle julkisivun komposiittilevylle kustannustehokkaampia vaihtoehtoja. Alun perin talon julkisivuun ajateltiin testattavaksi komposiittilevyä, jotta asuinalueelle saataisiin julkisivurappaukselle vaihtoehtoinen julkisivuratkaisu. Aika osoittautui kuitenkin rajoittavaksi tekijäksi ja se loppui kesken. Komposiittilevyn hinnoittelun kanssa kohdattiin haasteita, sillä komposiittilevylle ei saatu asennushintaa, pelkästään materiaalin hinta. Työn osuus on kuitenkin haastavin osuus hinnan arvioinnissa, sillä siihen vaikuttavat muun muassa aukotukset ja muut haitat. Kohteen muurauksien osalta konsultointiin tiilien valmistajaa ja eristeisiin liittyen konsultointiin eristevalmistajaa palomääräykseen liittyen. Edellä mainittujen lisäksi sähköurakoitsija tarkastaa kohteen betonielementtien sähkösuunnitelmat. (Haastattelu 6.)

6.1.4 Hankinnan ja tuotannon rooli suunnitteluprosessissa

Hankinnan osallistuminen hankkeen suunnitteluprosessiin tuo suunnittelutyöhön paljon mahdollisuuksia. Hankinta pystyisi osaltaan vaikuttamaan tuotteiden ja palveluiden valintaan ja toteutuskelpoisuuteen sekä varmistamaan näiden saatavuuden nykymarkkinoilta. Hankinta pystyisi myös jakamaan ja yhtenäistämään tietoa voimassa olevista vuosisopimuksista. Hankinta tuo prosessiin tietotaitoa materiaaleista ja mahdollisista toimittajista, joiden osaamista voidaan hyödyntää jo suunnitteluvaiheessa. Tiedonkeräys ja tiedon kasaaminen sekä vaihtoehtojen vertailu ja tulkinta ovat suurimpia hyötyjä, mitä hankinta voi suunnitteluprosessiin tuoda. Tätä on valitettavasti hyödynnetty vielä vähäisissä määrin, sillä tiedonkerääminen vaatii paljon aikaa ja resursseja. Suunnittelijat tekevät suunnittelussa isoimmat linjaukset, mutta hankinnan osaamista hyödyntämällä

suunnittelupaketti saadaan kasattua kustannustehokkaasti. Hankinnan tehtävä onkin hieman epäillä ja kyseenalaistaa tehtyjä valintoja. (Haastattelu 13.)

Hankinnalla olisi enemmänkin halua osallistua hankkeen suunnitteluprosessiin. Kaikille hankkeen osapuolille olisi hyödyllistä osallistua suunnitteluprosessiin, sillä suunnittelu-prosessissa tuodaan ilmi perustelut tehdyille suunnitteluratkaisuille. Esimerkiksi kohteen asemakaavassa määrätyt suunnitteluratkaisut saattavat ihmetyttää hankkeen osapuolia, jos kaava ei ole heille tuttu. Tällaiset suunnitteluratkaisut saatetaan tulkita ”arkkitehdin taiteelliseksi näkemykseksi”, jos asiasta ei ole parempaa tietämystä. Suunnitteluprosessiin osallistuminen auttaisi osapuolia paremmin ymmärtämään syyt tehdyille ratkaisuille. Lisäksi tämä vähentäisi eriäviä mielipiteitä hankkeen myöhemmissä vaiheissa, kun jokaisella hankkeen osapuolella olisi mahdollisuus tuoda mielipiteensä julki jo suunnittelu-vaiheessa. Tuotannon puolelta hankkeen suunnitteluprosessiin osallistuu työpäällikkö. Työpäälliköillä on yleensä useita kohteita käynnissä samanaikaisesti, joten tulevan hankkeen suunnitteluprosessiin osallistuminen voi olla aikataulullisesti haastavaa. (Haastattelu 13.)

Tuotannon osallistumisessa hankkeen suunnitteluprosessiin on sekä mahdollisuuksia että haasteita. Tuotannon osallistuminen hankkeen suunnitteluprosessiin antaisi tuotannolle mahdollisuuden vaikuttaa suunnitelmiin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tuotannon osallistuminen toisi suunnitteluprosessiin käytännön näkemystä, jolloin mahdollisilta epäkäytännöllisiltä suunnitteluratkaisuilta voitaisiin välttyä. Valitettavasti tämä ei kovinkaan usein ole realistista, sillä tuotannon organisaatio siirtyy hyvin pitkälti suoraan edellisestä hankkeesta seuraavaan. Tällä hetkellä tuotanto-organisaatio osallistuu suunnitteluprosessiin aikaisintaan suunnitelmakatselmuksen yhteydessä. Katselmuksessa käydään läpi hankkeen suunnitelmat tuotannon näkökulmasta. Tässä vaiheessa suunnitelmat ovat kuitenkin niin pitkällä, että suurempiin linjauksiin ei enää pystytäkään vaikuttamaan. Katselmuksessa pystytään ainoastaan ennakoimaan silmiin pistäviä asioita sekä vaikuttamaan yksityiskohtiin ja työn tekniseen toteutukseen. Työmaan aikana voidaan etsiä vaihtoehtoisia ratkaisuja. (Haastattelu 4.)

Tuotanto-organisaation osallistuminen hankkeen suunnitteluprosessiin on epärealistista, sillä tuotanto-organisaatio kiinnitetään hankkeeseen vasta suunnitteluprosessin loppupäässä ennen rakentamisen alkamista. Tuotannon pitäisi osallistua suunnitteluprosessiin jo 1-1,5 vuotta ennen rakentamisen varsinaista alkamista, jotta isoihin suunnittelulinjoihin pystyttäisiin vielä vaikuttamaan. Tähän eivät tuotannon resurssit kuitenkaan riitä. Tästä syystä työmaalta kerättävä palaute hankkeen määrälaskentaan ja suunnitelmiin liittyen ovat merkittävässä roolissa suunnittelun kehittämisessä. Palautteen tarkoituksena on ehkäistä suunnitteluvirheiden toistuminen seuraavissa hankkeissa. Palautteen

antamisesta pitäisi työmaalla tehdä mahdollisimman yksinkertaista, jotta palautetta saataisiin kerättyä mahdollisimman paljon. Lisäksi on huolehdittava tiedon kulkeutumisesta myös hankkeen muille osapuolille. Tällä hetkellä palautteen antaminen työmaalla tuntuu olevan haasteellista ja tieto ei kulkeudu suunnittelijoille asti. (Haastattelu 4.)

Tuotanto-organisaation vähäisten vaikutusmahdollisuuksien vuoksi suunnittelupalautteen antaminen rakentamisen aikana ja sen jälkeen on erityisen tärkeää. Kohdeyrityksen hankkeissa onkin ollut käytössä suunnittelunohjauksen palauteryhmä. Palauteryhmä koostuu hankkeen aikana pidettävistä kahdesta palauteryhmän palaverista, joihin osallistuvat hankkeen suunnittelunohjaus, tuotanto-organisaatio ja työmaan työntekijät. Palaverissa kerätyt palautteet kirjataan ylös ja palautteet jäävät suunnittelunohjauksen käyttöön. Palauteryhmään sisältyy myös hankkeen loppuraportointitilaisuus, johon osallistuvat myös laskennan ja hankinnan organisaatiot. Tilaisuudesta koostetaan loppuraportti, jonka avulla dokumentoidaan hankkeesta saatu kustannus- ja suunnittelutieto. Suunnittelunohjauksen palauteryhmä on tällä hetkellä tuotanto-organisaation potentiaalisin mahdollisuus vaikuttaa hankkeiden suunnitteluun. Valitettavasti palauteryhmän toteutus on kohdeyrityksen hankkeissa jäänyt vähäiseksi. (Haastattelu 4.)

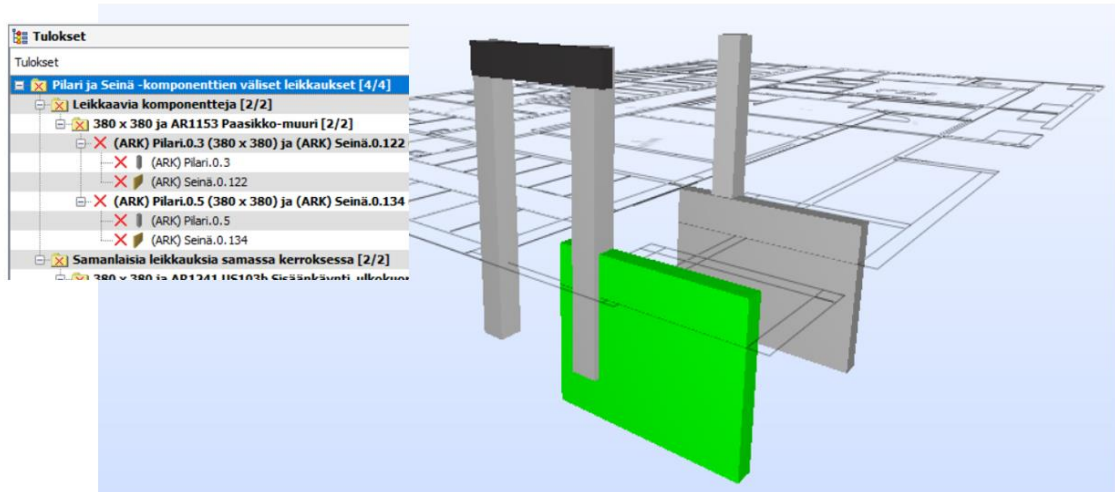
6.2 Tietomallipohjainen suunnittelu

6.2.1 Tietomallinnusprosessi

Kohteen tietomallinnusprosessi alkaa kohteen tietomallinnuksen aloituspalaverista. Palaverin runko on pitkälti määritelty kohdeyrityksen puolesta, mutta palaverissa käydään läpi myös käytettäviin ohjelmistoihin ja hankkeeseen liittyviä seikkoja sekä muita mallinnuksessa huomioitavia asioita. Pohjana toimii pitkälti kohdeyrityksen yleinen tietomalliohjeistus. Poikkeusmenettelyjä voidaan sopia tarvittaessa. Kohdeyrityksen tietomallipohjaiset hankkeet eroavat toisistaan pohjarakentamisen mallintamisessa. Asuntokohteissa pohjarakentamisesta on vaadittu mallinnettavaksi ainoastaan valmiin pinnan tassa. Yksittäisessä asuntokohteessa pohjarakenteiden mallintamisella ei saada rahallista hyötyä. Asuntokohteissa tietoa saadaan riittävällä konetyötarkkuudella perinteisin keinoin. Pohjarakenteiden mallinnus tulee kysymykseen kohteissa, joissa maata kaivetaan isommin. Tietomallista saadaan tällä hetkellä tuotettua jo paljon määrätietoa, kunhan tietomallinnuksessa on noudatettu annettuja ohjeistuksia. Kokenut määrälaskija kuitenkin tarkistaa tietomallipohjaiset määrät vielä vertaamalla niitä paperikuvista saatuihin määriin. Kokenut määrälaskija osaa myös tunnistaa tavallisen asuntohankkeen tunnusluvut ja pystyy näiden perusteella huomaamaan määrissä mahdolliset puutteet. Tärkeintä olisi määrittää vastuhenkilö tietomallin oikeellisuuden tarkastamiseen. (Haastattelu 6.)

Tietomallintaminen on mahdollistanut suunnittelutyön tehostamisen. Ennen tietomalleja suunnittelutyö oli todella hidasta, kun suunnittelijat eivät pystyneet toimiston sisällä työskentelemään reaaliaikaisesti samojen suunnitelmien parissa. Perinteisessä suunnittelussa suunnitelmat muodostuivat piirretyistä digitaalisista viivoista. Mallintavassa suunnittelussa suunnitelmat/tietomalli muodostuvat tietoa sisältävistä objekteista. Mallintavan suunnittelun tärkeimpiä hyötyjä ovat suunnitelmien havainnollisuus ja suunnitelmista saatava määrätieto. Suunnitelmien havainnollisuus on erityisen tärkeää, sillä oikeiden ihmisten on pystyttävä ottamaan kantaa suunnitelmiin oikeassa hankkeen vaiheessa. Tämä edellyttää sitä, että suunnitelmat ovat tarpeeksi havainnollistavia. Määrätiedon osalta on tärkeää, että tietomallin tietosisältöä osataan hyödyntää oikea-aikaisesti. (Haastattelu 8.)

Kuten suunnittelussa yleensäkin, myös tietomallipohjaisessa suunnittelussa on haasteensa. Mallintava suunnittelu mahdollistaa eri suunnittelualojen suunnitelmien yhdistämisen yhdeksi yhdistelmämalliksi, jonka avulla suunnitelmat on helpompi sovittaa yhteen ja tarkastella mahdollisia törmäyskohtia törmäystarkastelun avulla. Törmäystarkastelu tehdään Solibri Model Checker-ohjelmalla. Törmäystarkastelun tuloksena saadaan virheluettelo, jossa ilmenevät kaikki yhdistelmämallin toisiinsa törmäävät objektit. Tämä helpottaa suuresti suunnitelmien päällekkäisyyksien havaitsemista ja mahdollistaa esimerkiksi suunnittelijoiden omien suunnitelmien risteilytarkastelun jo suunnitteluvaiheessa ennen varsinaisen yhdistelmämallin luomista. Törmäystarkastelussa on myös ongelmakohtia. Törmäystarkastelussa objektien hipaisukin lasketaan törmäykseksi, joten mallintamisessa on oltava erityisen tarkkana. Esimerkiksi talotekniikkasuunnittelussa on muistettava mallintaa myös putkien ympärille tulevat eristeet. Törmäystarkastelussa lasketaan törmäykseksi myös sellaiset objektien törmäilyt, joiden kuuluukin törmätä keskenään. (Haastattelu 6; Haastattelu 8; Haastattelu 9.) Törmäystarkasteluun on kuitenkin mahdollista luoda ohjeita ja sääntöjä, joiden avulla tarkoituksenmukaisia törmäyksiä voidaan jättää tarkastelussa huomiotta. Talotekniikan osalta ongelmia aiheutuu myös piirrosmerkkien mittakaavasta. Piirrosmerkit saattavat olla nelinkertaisia todelliseen koonsa verrattuna, mikä saattaa aiheuttaa turhia törmäyksiä. Tämän vuoksi saatetaan joutua tekemään niin sanottuja valekorjauksia, jotta risteilytarkastelu saadaan toimimaan. (Haastattelu 2.) Törmäystarkastelu edellyttää mallintamisen oikeellisuutta, jotta tarkastelun tuloksiin voidaan täysin luottaa. (Haastattelu 6.) Alla olevassa kuvassa on esitetty ote case-projektin yhdistelmämallin tarkastuksessa esille tulleesta törmäyksestä (Kuva 20).



Kuva 20. Kuvakaappaus case-projektin yhdistelmämallin tarkastuksessa esille tulleesta törmäyksestä.

Suunnittelujärjestyksestä ja suunnitteluohjelmistoista aiheutuu jonkin verran haasteita ja lisätyötä suunnittelijoille. Talotekniikkasuunnittelijat tekevät omat suunnitelmansa arkkitehdin pohjien päälle. Jos arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan suunnitelmia ei ole vielä sovitettu yhteen, voi tästä aiheutua lisätyötä talotekniikkasuunnittelussa. Talo rakennetaan loppujen lopuksi rakennekuvien perusteella, joten talotekniikan objektien tulee sopia yhteen myös rakennekuvien kanssa. Arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan suunnitelmien päivittyessä joutuvat talotekniikkasuunnittelijat usein siirtämään uudelleen omia objektejaan. (Haastattelu 2.) Projektin toteutusaika on pitkä, joten ohjelmistot päivittyvät projektin aikana useaan kertaan, mikä tekee tietomallin ylläpitämisestä työlästä. (Haastattelu 8.) Suunnitteluohjelmista ei löydy valmiita objekteja kaikista rakennusosista. Esimerkiksi talotekniikkasuunnittelussa joudutaan tämän vuoksi jättämään joitakin rakennusosia mallintamatta tai ne mallinnetaan itse. Itse mallinnetut objektit eivät hyödytä määrälaskentaa millään tavalla, sillä itse mallinnetut objektit eivät sisällä tietoa. Tietojen syöttäminen käsin objekteihin on käytännössä mahdollista, mutta siihen nähtävä vaiva ei välttämättä ole kannattavaa siitä saatavaan hyötyyn nähden. Talotekniikan suunnitteluohjelmistot eivät myöskään tue usean objektin siirtämistä samanaikaisesti, vaan jokainen objekti on siirrettävä yksitellen uuteen paikkaan. (Haastattelu 2; Haastattelu 10.) Myös tietomallin tarkasteluun käytettävässä Solibri Model Checker-ohjelmassa on vielä puutteita. Ohjelmalla tehtävä mallintarkastus ei esimerkiksi huomioi ovien kätisyyksiä. Mallintarkastus ei myöskään tunnista, jos esimerkiksi patteri estää ikkunan aukeamisen. (Haastattelu 8.)

Yhtenä haasteena mallintamisessa on arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan suunnitelmien geometrian yhteensovittaminen. Geometrian yhteensovittaminen on suunnitte-

lussa erittäin oleellinen vaihe. Geometrian yhteensovittamisessa arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan tietomallit asetetaan päällekkäin ja tarkistetaan esimerkiksi aukotusten yhteensovivuus. Tämän jälkeen geometriaa ei saa enää muuttaa, mikä vaatii suunnittelijoilta kurinalaisuutta. Yhteensovituksessa saatetaan kohdata esimerkiksi sellaisia tilanteita, joissa arkkitehdin tietomallissa tila on avoin ja rakennemallissa tilan keskellä on pilari. Tämä muuttaa huomattavasti tilan käyttötarkoitusta. Geometrian yhteensovitus on tärkeää, sillä talo rakennetaan käytännössä rakennesuunnittelijan rakennemallin mukaisesti. Jos arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan tietomallit eivät ole keskenään yhtenevät, saatetaan rakentamisen aikana kohdata ristiriitatilanteita, jotka vaikuttavat rakennustöiden etenemiseen. (Haastattelu 6.)

Suunnittelijoilta vaaditaan osaamisen lisäksi myös aikaisempaa enemmän tarkkuutta. Esimerkiksi talotekniikassa vaaditaan tietämystä talotekniikan tilantarpeesta, joka ei välttämättä ole aivan yksiselitteinen. Talotekniikalle on osattava varata suunnitelmissa tarpeeksi tilaa, ottaen huomioon kaikki talotekniikkaan kuuluvat osat, kuten putkien eristeet ja kannakkeet. Rakennusvaiheessa ilmenee ongelmia, jos talotekniikalle on suunnitelmissa varattu liian vähän tilaa, kun todellisuudessa tekniikka ei mahdukaan paikalleen. Talotekniikalle ei myöskään saa varata liian paljoa tilaa, sillä silloin alakatto sijoittuu turhaan liian alas. Suunnittelijoiden osaamista vaaditaan myös suunnitteluohjelmistojen osalta, sillä ohjelmistoissa on jonkin verran eroavaisuuksia. Haasteita suunnitteluun tuovat myös yritysten erilaiset tietomalliohjeistukset. Kaikki ohjeistukset pohjautuvat pitkälti yleisiin tietomallivaatimuksiin (YTV 2012), mutta mukana on tietysti yritysten omia tarkennuksia. Haasteena on eri vaatimusten noudattaminen, kun suunnittelutyötä tehdään yhtä aikaa eri yrityksille ja talon sisällä monet eri suunnittelijat työstävät samaa tietomallia. (Haastattelu 6.)

Mallintavan suunnittelun prosessia olisi mahdollista tehostaa muun muassa ottamalla tuotannon näkökulmaa suunnittelussa enemmän huomioon ja panostamalla alkupään suunnitelmiin. Mahdollisimman valmiit ja muuttumattomat suunnitelmat mahdollisimman aikaisessa vaiheessa jouduttaisivat mallinnusprosessia. Suunnittelussa voi kuitenkin tulla vastaan sellaisia asioita, joita aiemmin ei ollut mahdollista huomata ja niitä joudutaan vielä jälkikäteen muuttamaan. Varsinkin, jos suunnitelmat on lyöty todella varhaisessa vaiheessa lukkoon. Kuitenkin suunnittelun päälinjat pitäisi pystyä lukitsemaan mahdollisimman aikaisin. (Haastattelu 9.) Päätösten tekeminen on suunnitteluprosessin avaintekijä. Tämä koskee erityisesti rakennusyritystä. Päätösten tekeminen hankkeen alkuvaiheessa on tärkeää ja tehtyihin päätöksiin on sitouduttava. Muutokset aiheuttavat moninkertaisen työn, kun kaikkien suunnittelualojen suunnitelmat joudutaan muutoksen

osalta päivittämään. Esimerkiksi pohjaratkaisuihin liittyvät päätökset on pystyttävä tekemään hankkeen alkuvaiheessa. (Haastattelu 6.)

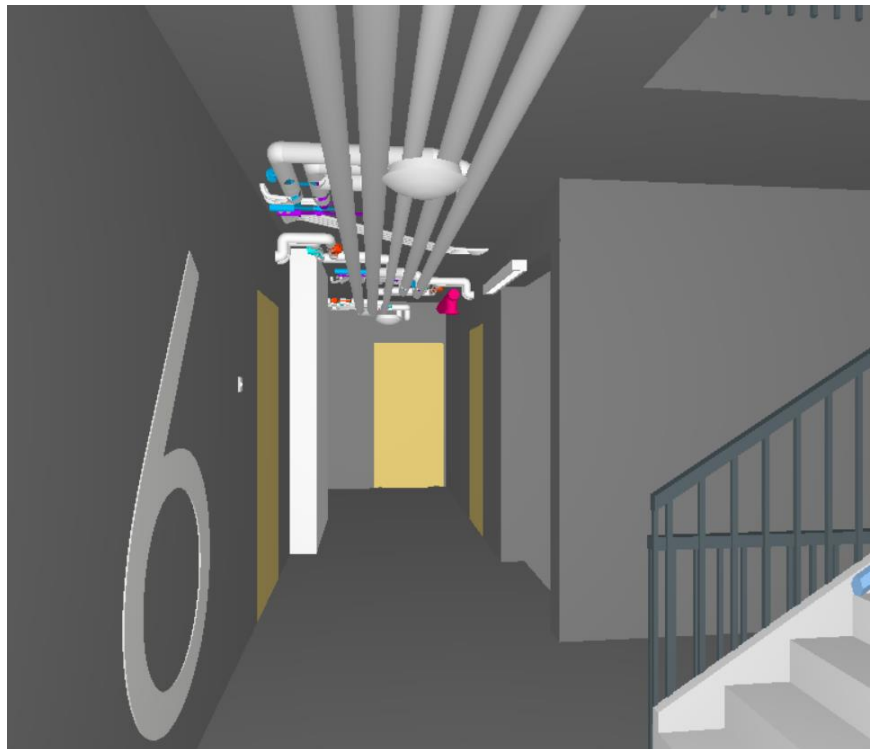
Jotta kaikki hankkeen osapuolet pystyvät sitoutumaan alkuvaiheessa tehtyihin päätöksiin, on heillä oltava mahdollisuus tutustua ja vaikuttaa suunnitelmiin suunnittelun alkuvaiheessa. Erityisesti tuotannon organisaatio olisi hyvä saada mukaan hankkeeseen jo suunnitteluvaiheessa, sillä he tietävät suunnitteluratkaisuiden käytännön toimivuudesta parhaiten. Yleensä toteutettavuuteen liittyvät ongelmat tulevat esille vasta rakennusvaiheessa. Työmaalla ilmenevät ongelmat harvoin päätyvät suunnittelijoiden tietoon. Tällainen käytännön palaute on kuitenkin suunnittelijoille kullan arvoista tietoa. Sen avulla pystytään jatkossa välttämään vastaavanlaiset suunnitteluvirheet ja kehittämään parempia suunnitteluratkaisuja. Aina tuotannon osallistuminen hankkeen suunnitteluvaiheeseen ei ole mahdollista, mutta kokenut suunnittelunohjaaja osaa puoltaa tuotantoa miellyttäviä suunnitteluratkaisuja. Suunnittelunohjauksen tehtävä on ohjata suunnittelijoita oikeaan suuntaan. Suunnittelijat ovat työkaluja, joiden tehtävä on pyrkiä parhaansa mukaan tarjoamaan mahdollisimman toimivia ja kustannustehokkaita suunnitteluratkaisuja. (Haastattelu 9.)

6.2.2 Nimikkeiden mallintaminen

Jokaisella suunnittelualalla on olemassa nimikkeitä, joita ei syystä tai toisesta mallinneta tai joiden mallintamiseen liittyy erinäisiä haasteita. Sähkösuunnittelussa saatetaan jättää jokin rakennusosa mallintamatta, sillä sen tarkkaa sijaintia ei tiedetä. Tällainen rakennusosa jätetään mallintamatta, jotta se ei turhaan aiheuta mahdollisia törmäyksiä muiden objektien kanssa. Tyypillinen esimerkki tällaisesta rakennusosasta on huoneistokohtaisen ilmastointikojeen pistorasia. Pistorasia sijaitsee alakaton yläpuolella ja se asennetaan yleensä paikkaan, johon se sattuu asennushetkellä sopimaan. Tällaisen rakennusosan mallintaminen ei hyödyttäisi ketään. Johtoja ei myöskään sähkösuunnittelussa mallinneta. (Haastattelu 2.) Arkkitehtisuunnittelussa jätetään mallintamatta erilaiset listat ja kaatolattiat. Listoja ei mallinneta, sillä niitä tiedetään tulevan taloon joka tapauksessa paljon. Kylpyhuoneiden kaatolattioita ei mallinneta, sillä kaatolattioiden mallintaminen sotkee suunnitteluohjelmassa kylpyhuoneen lattian laatoituskuvion. (Haastattelu 8.) Rakennesuunnittelussa ei mallinneta raudoituksia muuta kuin leikkauskuviin. Ohjelmasta löytyy valmiudet raudoituksen mallintamiseen kokonaisuudessaan, mutta mallintaminen olisi todella työlästä ja tekisi tietomallin käyttämisestä kankeaa. (Haastattelu 9.)

LVIA-suunnittelussa ei mallinneta asuntojen viemärikaatoja, pesualtaita tai pesualtaiden viemäreitä sekä putkisto- ja kanavakannakkeita. Asuntojen viemärikaadot mallinnetaan suorina, sillä lyhyillä matkoilla kaadot eivät toimi suunnitteluohjelmassa. Isot viemärit ja

rungot mallinnetaan kaadolla. Pesualtaita ja niiden viemäröintiä ei mallinneta, koska oletetaan, että viemäröinti osataan johtaa lattiakaivoon ilman mallintamistakin. Lisäksi suunnitteluohjelmassa ei ole olemassa pesualtaan viemäröintiin valmista objektia. Putkistoja kanavakannakkeita ei mallinneta, koska niihinkään ei löydy suunnitteluohjelmasta valmiita objekteja. Tästä syystä putket näyttävät leijuvan tietomallissa ilmassa (Kuva 21). Arkkitehtimallissa ja LVI-mallissa on jonkin verran päällekkäisyyksiä. Esimerkiksi hanat ja WC-pöntöt löytyvät molemmista malleista ja näkyvät yhdistelmämallissa päällekkäin. LVI-mallissa on mallinnettuna ne tuotteet, jotka tulevat lopulliseen rakennukseen. (Haastattelu 10.) Pohjarakenteiden mallintamista ei case-projektissa vaadittu (Haastattelu 6).



Kuva 21. Kuvakaappaus case-projektin yhdistelmämallista. Porraskäytävän talotekniikka näyttää kuin se leijuisi ilmassa. Kuva otettu Solibri Model Checker-ohjelmasta.

6.2.3 Suunnitelmien tuottaminen ja suunnitelmamuutokset

Suunnitelmat tuotetaan pääsääntöisesti mallintamalla. Case-projekti on mallinnettu kaikkien suunnittelualojen osalta, pois lukien pohjarakennesuunnittelu, jonka mallintamista ei kohteessa vaadittu. (Haastattelu 6.) Kaikilla muilla suunnittelualoilla suunnittelu tehdään mallintamalla ja perinteisten suunnitelmien tuottaminen tapahtuu tulostamalla jokin tietomallin näkymä PDF-tiedostoksi. (Haastattelu 2; Haastattelu 8; Haastattelu 9; Haastattelu 10.) Perinteiset suunnitelmat syntyvät periaatteessa mallintamisen ohessa. Tilanteesta riippuen jompikumpi, perinteiset suunnitelmat tai tietomalli, on ylimääräinen. Jos

kyseessä ei ole mallinnettava kohde, ei mallintamista turhaan tehdä liian tarkasti. (Haastattelu 8.) Esimerkiksi talotekniikkasuunnittelussa tietomalli syntyy tiedostomuotoa vaihtamalla. Suunnitelmat piirretään tasoon, johon määritetään rakennusosien korkeusaset. Export-toiminnolla suunnitelma saadaan siirrettyä IFC-muotoon ja se voidaan viedä yhdistelmämalliin. (Haastattelu 10.) Rakennesuunnittelussa raudituskuvat piirretään edelleen kaksiulotteisina. Case-projektissa elementit piirrettiin perinteisin menetelmin, sillä niiden mallintamista ei kohteessa vaadittu. (Haastattelu 9.)

Tietomallin päivittämistiheys sovitaan projektikohtaisesti. Suunnittelukokouksien yhteydessä sovitaan päivämäärä, johon mennessä jokainen suunnitteluala päivittää omat suunnitelmansa. Tietomallin päivitystiheys on riippuvainen sovituista päivämääristä, ei esimerkiksi suunnitelmamuutosten määrästä. Keskeneräisten suunnitelmien päivittäminen ei hyödyttäisi projektin osapuolia. (Haastattelu 2.) Asukasmuutoksien päivittäminen suunnitelmiin vaihtelee suunnittelualoittain. Arkkitehtisuunnittelussa asukasmuutosten päivittäminen suunnitelmiin riippuu muutoksen laadusta. Pienempiä muutoksia ei päivitetä sen hetkisiin suunnitelmiin, vaan muutokset piirretään kuviin työmaalla. Pienemmät muutokset päivitetään vasta toteutussuunnitelmiin. Isommat muutokset päivitetään suunnitelmiin heti. (Haastattelu 8.) Asukasmuutokset harvoin vaikuttavat kantaviin rakenteisiin, joten rakennesuunnittelussa niitä harvoin päivitetään suunnitelmiin. Jos kantaviin rakenteisiin tulee muutoksia, ne mitoitetaan ja päivitetään suunnitelmiin. Elementteihin vaikuttavat muutokset, esimerkiksi pistorasiamuutokset, päivitetään suoraan elementtikuviin. (Haastattelu 9.) Talotekniikkasuunnittelussa asukasmuutosten mallintaminen on tarkempaa, sillä muutokset on yleensä mitoitettava. Kaikki muutokset päivitetään suunnitelmiin. (Haastattelu 10.)

6.3 Hankintaprosessi

6.3.1 Roolit hankintaprosessissa

Hankinnan tehtävä hankintaprosessissa on vetää punaista lankaa koko prosessin lävitse. Hankinnan tehtävä on kerätä tarvittava informaatio ja lähtötiedot hankintoja varten, jotta prosessi pystytään toteuttamaan. Yksi hankinnan päätehtävistä on huolehtia hankintaprosessin toiminnasta ja läpinäkyvyydestä sekä siitä, että hankinnoissa toimitaan hankintaprosessin sekä tutkimuksen kohdeyrityksen sisäisten sertifikaattien ja auditointien mukaisesti. Hankinnalla on myös joitakin tehtäviä hankkeissa jo ennen hankintaprosessia. Hankintaprosessi alkaa hankintasuunnitelman luomisella. Hankintapäällikkö laatii hankintasuunnitelman kohdeyrityksen hankintajärjestelmään, jolla myös itse hankinnat tehdään. Hankintasuunnitelmaa tehtäessä on tärkeää huomioida erilaisten materiaalien toimitusajat. Erilaisten materiaalien hankintaan on osattava varata tarpeeksi aikaa, sillä

jotkin materiaalit vaativat paljon pidemmän toimitusajan kuin toiset. Hankinnan valmisteluvaiheessa hankinta, laskenta ja tuotanto toimivat yhtenä ryhmänä. (Haastattelu 13.)

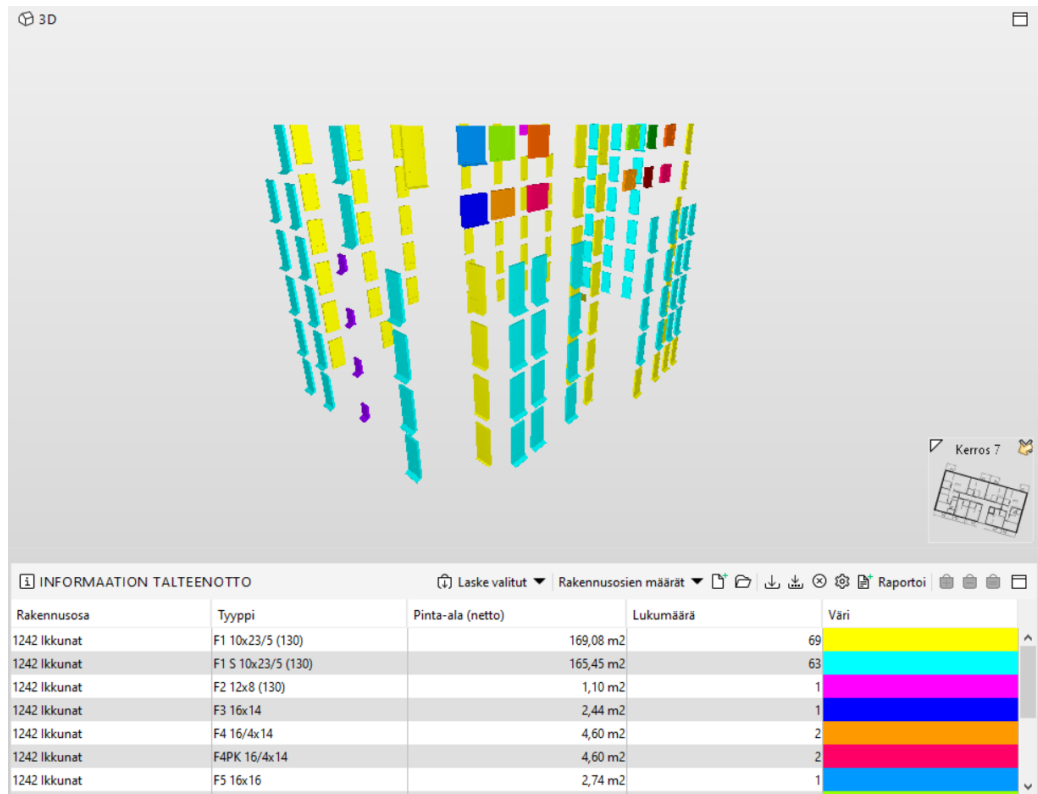
Laskennan rooli hankintaprosessissa on ennakotarjousten kysely yhteistyössä hankinnan kanssa, kohdeyrityksen omaperustaisten rakennuskohteiden määrälaskenta sekä määrien tarkistaminen esimerkiksi elementtihankinnoissa. Kohteen määrät lasketaan hankkeen alkuvaiheessa laskennan toimesta ja kohde hinnoitellaan kertaalleen. Laskenta määrittää tavoitehinnat eri hankintanimikkeille sekä hankintanimikkeiden toimitus sisällöt. Näissä laskennan määrittämissä raameissa hankintayksikkö toimii. (Haastattelu 3.) Laskennan tuottama määrätieto on tärkeä osa hankintaprosessia. Hankinta ja laskenta elävät ikuisessa symbioosissa: ilman toista ei ole toista. Hankinnalle merkittävintä on määrätiedon luotettavuus. Kohteiden laskennassa on oltava mukana kaikki rakenteisiin liittyvät lisäkustannukset, pelkkä rakenteen raakahinta ei riitä. Tämä vaatii laskentahenkilöstöltä kokemusta ja osaamista. Välillä asioita joudutaan valitettavasti arvaamaan. Tärkeää hankinnalle on myös tieto siitä, mitä on laskettu ja milloin, sillä suunnitelmamuutoksia tulee paljon. Laskentamuistioista pystytään näkemään, milloin kyseiset määrät on laskettu. Jos suunnitelmamuutoksia on tämän jälkeen tullut, ei niitä ole kyseisissä määrissä huomioitu. Koska hankinta ja laskenta tekevät tiivistä yhteistyötä, on tärkeää, että apua on aina saatavilla puolin ja toisin. (Haastattelu 13.)

Tuotannolla on suhteellisen iso rooli hankintaprosessissa. Tuotannon ja hankinnan yhteistyöllä on hankinnoissa merkittävä rooli. Kaikki aikataulutieto ja hankintojen muut lähtötiedot, kuten määrä- ja kustannustieto sekä suunnitelmat, tulevat tuotannosta hankintaan. Tuotantoinsinöörit kasaavat hankintojen lähtötiedot työmaalla hankintaa varten. Samoin viimeiset yksityiskohdat, kuten toimitussisällön oikeellisuus, tarkistetaan työmaalta, kun hankintapakettia kootaan. Hankinta ottaa tuotannon mielipiteen huomioon hankintoja tehtäessä ja erilaisia vaihtoehtoja vertailtaessa. Tuotantoinsinööreillä on myös paljon omia hankintanimikkeitä eli niin sanottuja työmaahankintoja, jotka hankitaan työmaalla. Määrällisesti työmaan hankintanimikkeiden osuus on suhteellisen suuri, mutta euromäärällisesti hankintayksikkö tekee suurimmat hankinnat. Tätäkin kautta tuotannolla on suuri rooli hankintaprosessissa. Tuotanto onkin oikeastaan mukana kaikissa hankintaprosessin vaiheissa yhteistyössä hankinnan kanssa. Suurin rooli tuotannolla on hankinnan ohjaus- ja valvontavaiheessa. (Haastattelu 4.)

6.3.2 Tietomallin hyödyntäminen määrälaskennassa

Laskennan näkökulmasta tietomallia hyödynnetään lähinnä visuaalisena työkaluna ja määrälaskennassa perinteisten suunnitelmien tukena. Määrälaskennassa osa määristä

lasketaan tietomallipohjaisesti (Kuva 22), mutta suurin osa määristä tarkistetaan perinteisistä suunnitelmista. Perinteisistä suunnitelmista ei välttämättä saada tarpeeksi kattavaa kuvaa rakenteesta, koska kyseessä on vain yhden tason leikkaus. Tietomallista saadaan tällaisessa tilanteessa parempi käsitys rakenteesta. Tietomallia voidaan hyödyntää myös perinteisessä määrälaskennassa. Vaikka tietomallista ei laskettaisi määriä laisinkaan, olisi määrälaskenta perinteisistä suunnitelmista laadukkaampaa, jos tietomalli hyödynnetään perinteisten suunnitelmien visuaalisena tukena. Tietomallista voidaan laskea suoraan määriä jostakin yksinkertaisesta osasta, jos osa näyttää visuaalisesti oikeanlaiselta. Määriä voidaan määrälaskennassa tarkistaa puolin ja toisin perinteisistä suunnitelmista ja tietomallista. Esimerkiksi nimeämisvirheiden vuoksi tietomallipohjaisessa määrälaskennassa saattaisi muuten jäädä jokin osa laskematta. Koska tietomalli ei ole täydellinen, käytetään sitä tietoa, joka tietomallista on saatavissa. Kaikki tieto on aina hyvä tarkistaa ja määrälaskennassa oman työn itselle luovutus onkin tärkeässä roolissa. Tapaustutkimuksen kohteen määrälaskennassa hyödynnettiin kohdeyrityksen ulkopuolista määrälaskentatoimistoa, joten kohteen määrät eivät ole kohdeyrityksen laskentayksikön laskemia. Määrälaskenta on toteutettu kohteen tietomallin pohjalta. Haasteita laskennassa kohdattiin esimerkiksi elementtien määrälaskennassa. PDF-muotoisen rakennesuunnitelman, rakennemallin ja PDF-muotoisen arkkitehtisuunnitelman välillä ilmeni ristiriitoja. Tämä aiheutti ongelmia elementtitehtaan määrälaskennassa. (Haastattelu 3.)



Kuva 22. Kuvakaappaus tietomallipohjaisesta määrälaskennasta. Kuva otettu Solibri Model Checker-ohjelmasta.

Tietomallintamisessa on olemassa vielä tiettyjä rajoitteita ja haasteita, joiden vuoksi malleja ei voida vielä käyttää määrälaskennassa määrien pääasiallisena laskentaperusteena. Näitä ovat sopimustekniset asiat, viranomaisten vaatimukset, mallintamisen puutteet sekä tietomallien laatu. Sopimustekniset asiat eivät vielä käsitä tietomalleja, joten tietomalli ei tällä hetkellä ole juridisesti yhtä pätevä kuin perinteiset suunnitelmat. Esimerkiksi Rakennusalan yleiset sopimusehdot (YSE 1998) eivät käsitä tietomallia. Tulevaisuudessa perinteiset suunnitelmat ja tietomallit ovat juridisesti yhtä päteviä. Viranomaiset vaativat dokumentaation edelleen perinteisillä suunnitelmilla. Tietomallipohjainen rakennuslupakäsittely on ollut kokeilussa pääkaupunkiseudulla. Siinä vaiheessa, kun tietomallit saadaan sovittua valtakunnallisesti mukaan yleisiin suunnittelusopimuksiin, päästään lähemmäs tilannetta, jossa tietomallia voidaan käyttää määrälaskennan pääasiallisena lähteenä. Viranomaisilla onkin tässä suuri vetovastuu: niin kauan, kun viranomaiset vaativat perinteisten suunnitelmien dokumentaation, asiassa ei päästä eteenpäin. Lisäksi on vielä olemassa suunnitelmia, jotka toteutetaan perinteisin keinoin, vaikkakin perinteisten suunnitelmien pitäisi tällä hetkellä pohjautua tietomalliin. Esimerkiksi rakennesuunnittelussa raudoituskuvat piirretään edelleen kaksiulotteisina. (Haastattelu 3.)

Vuoden 2018 aikana tietomallin laatu on kiinnitetty kohdeyrityksen suunnittelusopimukseen ja tietomallinnusprosessiin. Tämä tulee jatkossa näkymään tietomallien laadussa. Case-projekti toteutettiin vielä vanhalla suunnittelusopimusten maksuerätaulukolla, johon tietomallin laatua ei vielä ole sidottu. Esimerkiksi talotekniikkasuunnittelun tietomallit ovat laadultaan tällä hetkellä jo todella hyvällä tasolla. Talotekniikka-alan alihankkijat eivät valitettavasti vielä hyödynnä tietomalleja omassa toiminnassaan, vaan käyttävät urakkalaskennassa omia urakkalaskentaohjelmistojaan. Urakkalaskennassa työn osuudella on suurempi merkitys kuin materiaalien osuudella. Urakkalaskentaohjelmistoihin on ajettu alihankkijoiden työehtosopimusten mukaiset työn hinnat. Törmäystarkastelu on talotekniikan tietomalleista suurin saatava hyöty. Törmäystarkastelun avulla voidaan edistää rakennettavuutta. Tästä syystä talotekniikan mallintaminen on kuitenkin erityisen tärkeää, vaikka alihankkijat eivät tietomalleja vielä toiminnassaan hyödynnä. (Haastattelu 3.)

6.3.3 Tietomallien hyödyntäminen hankintaprosessissa

Hankintaprosessissa hankintayksikkö hyödyntää tietomallia lähinnä urakkaneuvotteluissa visuaalisena työkaluna. Jonkin verran tietomallia hyödynnetään myös määrälaskennassa. Urakkaneuvotteluissa, varsinkin työurakkaosuuksissa, tietomallin hyödyntäminen on tärkeää. Tietomallin avulla pystytään urakkaneuvotteluissa tarkastelemaan jotakin rakennuksen kohtaa tarkemmin. Tietomalli toimii urakkaneuvotteluissa visuaalisena työkaluna sekä hankintaa että alihankkijaa varten, sillä tietomallin tarkastelun avulla voidaan varmistua siitä, että molemmat osapuolet ymmärtävät käsiteltävän asian samalla tavalla. Tietomalli auttaa muutenkin kohteen hahmottamisessa. Suunnitelmien lukutaito on tärkeää ja sen oppiminen vie aikaa. Hyvästä suunnitelmien lukutaidosta huolimatta perinteisistä kuvista ei välttämättä saada samaa informaatiota kuin tietomallista. (Haastattelu 13.) Myös tuotannon osalta tietomallin hyödyntäminen hankintaprosessissa on tällä hetkellä melko vähäistä. Tietomallipohjaista määrälaskentaa tehdään vähäisissä määrin. Urakoiden aloituspalavereissa tietomallin avulla voidaan tarkastella yksityiskoh- tia tarkemmin esimerkiksi talotekniikkaurakoiden osalta. Talotekniikkahankinnoissa tietomallia hyödynnetään tällä hetkellä eniten. (Haastattelu 4.)

Myös alihankkijoiden tietomallien hyödyntäminen on vähäistä. Esimerkiksi talotekniikka-alan alihankkijat eivät hyödynnä tietomalleja omassa toiminnassaan, sillä urakkalaskentaa varten alihankkijat käyttävät omaa urakkalaskentaohjelmaa. Alihankkijat laskevat massat perinteisistä suunnitelmista ja tulokset syötetään laskentaohjelmaan. Alihankkijat eivät koe tietomalliosaamisen kehittämistä tai vaadittavan ohjelmiston ja lisenssin hankkimista kannattavaksi: urakkalaskennassa tietomallia ei hyödynnetä ja rakennus-

vaiheessa tietomallia pystytään tarkastelemaan tilaajan lisenssillä. (Haastattelu 1; Haastattelu 5; Haastattelu 11.) Tietomallien hyödyntämistä ei tällä hetkellä nähdä urakan valmistumista nopeuttavana tekijänä. Asentajien tietotekniikkaosaaminen on tässä myös ratkaisevassa asemassa. Asentajien omatoiminen tietomallin hyödyntäminen työmaalla vaatisi asentajien kouluttamista. (Haastattelu 11.) Talotekniikkasuunnittelun tietomallia hyödynnetään suunnitelmien visuaaliseen tarkasteluun hankinnan ohjaus- ja valvontavaiheessa. Tietomallia hyödynnetään työmaalla ongelmakohtien ja detaljien tarkasteluun. (Haastattelu 1; Haastattelu 5; Haastattelu 11.) Tietomallien Talotekniikan korkomaailmaa pystytään tarkastelemaan tietomallista, sillä perinteisissä suunnitelmissa ei näy esimerkiksi käytävien talotekniikan lähtökorkoja (Haastattelu 11).

Kaikilla urakoitsijoilla ei ole tällä hetkellä valmiuksia tietomallien tarkasteluun tai määrien laskemiseen tietomallipohjaisesti. Esimerkiksi ikkunahankinnoissa tarjoukset perustuvat arkkitehdin laatimiin ikkunakaavioihin, joten toimittajan tietomallista saatava hyöty olisi vähäinen. (Haastattelu 12.) Elementtituotannossa osa toimittajista hyödyntää jo toiminnassaan tietomalleja. Tietomallia hyödynnetään elementtituotannossa muun muassa määrälaskentaan. Tietomallin avulla koko hankkeen hahmottaminen on toimittajalle perinteisiä suunnitelmia helpompaa. Elementtituotannossa elementtisuunnittelua tehdään jo mallintamalla. Tietomallit lisätään projektikeskukseen, josta tilaajapuolen on mahdollista tarkastella elementtien valmistumisstatusta. Projektikeskuksesta nähdään, mitkä elementit ovat menossa tuotantoon, mitkä elementit ovat valmiita tai varastossa ja mitkä elementit on jo toimitettu työmaalle. Elementtisuunnittelussa hyödynnetään myös Tekla Model Sharing-tietomallinnustyökalua, jonka avulla rakennesuunnittelija ja elementtitoimittaja pystyvät reaaliaikaisesti päivittämään tietomallia toisilleen. (Haastattelu 7.)

Tietomallipohjaista määrätietoa ei vielä pidetä tarpeeksi luotettavana, jotta määrätietoa uskalletaisiin hyödyntää hankintojen lähtötietojen keräämisessä tai tarjouspyynnöissä (Haastattelu 4; Haastattelu 13). Tietomallin viitteellisyyden vuoksi sitä ei hyödynnetä tarjouspyyntö- tai sopimusasiakirjana. Visuaalista tarkastelua varten tietomalli voidaan lähettää tarjouspyynnön liitteenä, mutta tietomallin käyttötarkoitus on tällöin erikseen mainittava tarjouspyynnössä. Erityisesti tyyppi- ja nimeämisongelmat aiheuttavat epäluotettavuutta tietomallipohjaiseen määrätietoon. (Haastattelu 13.) Tietomallipohjaisessa määrälaskennassa määriä verrataan paperisista kuvista saatuihin määriin. Luottamuspuolan vuoksi tietomalli on tällä hetkellä perinteisten suunnitelmien tukitoiminto. (Haastattelu 4.) Case-projektin hankinnoissa tietomallia on hyödynnetty visuaalisena työkaluna hankintojen valmistelussa ja urakkaneuvotteluissa (Haastattelu 4; Haastattelu 13). Tietomallin viitteellisyyden vuoksi tietomallia ei hyödynnetty tarjouspyyntö- tai urakkasopi-

musvaiheessa (Haastattelu 13). Hankinnan ohjaus- ja valvontavaiheessa pidettiin talotekniikan risteilypalaveri, jossa tietomallia hyödynnettiin työn teknisen toteutuksen ja työjärjestyksen suunnitteluun. Risteilypalaverissa onkin talotekniikan osalta tietomallista suurin saatava hyöty. (Haastattelu 1; Haastattelu 4; Haastattelu 5; Haastattelu 11.)

Muita syitä tietomallien vähäiseen hyödyntämiseen hankintaprosessissa ovat hankintahenkilöstön ja tuotanto-organisaation tietomalliosaamisen taso sekä mallintamisen oikeellisuus ja tarkkuus. Henkilöstön keskuudessa tietomalliosaaminen on vielä vähäistä. Tietomalleja ei lähtökohtaisesti osata käyttää, tietomalleja ei uskalleta käyttää tai ajanpuutteen vuoksi tietomalleja ei ehditä käyttää. Kohdeyrityksen sisällä on järjestetty hankintahenkilöstölle ja tuotanto-organisaatiolle kohdistettuja tietomallikoulutuksia. Koulutuksessa opitut taidot unohtuvat kuitenkin nopeasti, jos tietomalleja ei hyödynnetä joka-päiväisessä työssä. Taitojen uudelleen opettelu taas vaatii aikaa, jolloin määrät on jopa nopeampi laskea perinteisistä suunnitelmista kuin tietomallista. (Haastattelu 4; Haastattelu 13.) Jotta tietomallia voidaan hyödyntää esimerkiksi työmaalla, sen oikeellisuuteen pitää pystyä luottamaan. (Haastattelu 1; Haastattelu 5; Haastattelu 11.) Tämä vaatii suunnittelijoilta tarkkuutta. Esimerkiksi talotekniikkasuunnittelijan on muistettava mallintaa myös eristeet putkien ympärille. Muuten on mahdotonta tietää, mahtuvatko putket todellisuudessa niille varattuun tilaan. Tämä vaatii suunnittelijalta kokemusta: minkä verran jonkin tuotteen asentaminen kannakkeineen ja eristeineen vaatii tilaa. Talotekniikkasuunnitelmissa haasteita aiheuttavat myös tietomalliin objektien mahdollisen törmäilyn vuoksi tehdyt valekorjaukset. (Haastattelu 11.)

6.4 Taloudellisesti merkittävimmät hankintanimikkeet

6.4.1 Tietomallin hyödyntäminen hankintaprosessissa ja määrälaskennassa

Elementtien ja talotekniikan määrälaskennassa tietomallia pystytään jo hyvin hyödyntämään. Elementit ovat potentiaalisin hankintanimike, joiden laskennassa ja hankinnassa tietomallia pystytään tai pitäisi pystyä hyödyntämään, sillä elementit ovat taloudellisesti merkittävistä hankintanimikkeistä merkittävin nimike. (Haastattelu 3; Haastattelu 13.) Elementtien määrälaskentaa hankaloittavat kuitenkin erilaiset määrälaskentaohjeet. Talotekniikan hankinnoissa tietomalli on aktiivisessa käytössä vasta rakennusvaiheessa talotekniikan risteilytarkastelussa ja tuotannon suunnittelussa. Tietomallia on turha luovuttaa urakoitsijoiden käyttöön, sillä urakoitsijoilla ei ole valmiuksia tietomallien hyödyntämiseen. Talotekniikkaurakoitsijat laskevat urakkalaskennassa määrät edelleen paperikuvista. Pirkanmaan alueella käytetyimmät IVA-urakoitsijat eivät laske määriä edes

PDF-muotoisista suunnitelmista. Ensimmäiset sähköurakoitsijat ovat siirtyneet laskemaan urakoiden määriä PDF-kuvista paperikuvien sijaan. Tutkimuksen kohdeyritys on talotekniikan mallintamisessa edelläkävijä, joten tietomallin hyödyntämiseksi on vielä odotettava alihankkijoiden osaamisen kehittymistä. Tämä on kiinni sekä alihankkijoiden osaamisesta, että alihankkijoiden asenteista. Lisäksi talotekniikkaurakoitsijoilla työn hinnoittelu koetaan tärkeämmäksi kuin materiaalien hinnoittelu, sillä työn osuus on urakan hinnassa yleensä materiaalien hintaa suurempi. (Haastattelu 13.)

Maanrakennuksen osalta suurin hyöty tietomallista saataisiin suunnitteluvaiheessa. Pohjarakenteiden mallintamisen avulla pystyttäisiin optimoimaan esimerkiksi massanvaihdot ja louhinnat sekä rakennuksen korkeusasema olemassa olevaan maa-ainekseen. Pohjarakenteita ei kuitenkaan kohdeyrittäjien asuntokohteissa vielä mallinneta, sillä kohdeyrittäjien talopuolella ei ole vielä olemassa yhtenäistä mallinnusohjetta pohjarakenteiden mallintamiseen. Ei ole myöskään olemassa vielä sellaista ohjelmistoa, jota voitaisiin maanrakennuksen laskennassa hyödyntää. Tällä hetkellä on olemassa ainoastaan infrarakentamiseen tarkoitettuja ohjelmistoja. Infrapuolen ohjelmistot eivät tuota kunnollisia IFC-malleja, suunnitteluohjelmistot ovat liian raskaita ja ohjelmistojen käytön opastaminen on todella työlästä. Joissakin suuremmissa kohteissa arkkitehti on mallintanut kohteen nykyisen maanpinnan. Maanpinnan mallintaminen on kuitenkin haasteellista, sillä maanpintaa ei saada ohjelmistoista siirrettyä kunnolla IFC-malliin. Lisäksi on erikseen sovittava, kenen vastuulla maanpinnan mallintaminen on. (Haastattelu 3.) Maanrakennuksen hankinnassa tietomallia ei pystytä hyödyntämään pohjarakenteiden tietomallin puuttumisen vuoksi. Maanrakennus on muutenkin haastava urakka, sillä maanpinnan alaisia kerroksia ei pystytä tarkkaan määrittämään. (Haastattelu 4; Haastattelu 13.)

Teräs-, betoni- ja laatoitustöiden laskennassa ja hankinnassa tietomallia pystytään jonkin verran hyödyntämään (Haastattelu 3; Haastattelu 4; Haastattelu 13). Terästöissä tietomallista nähdään terästen tyypit ja pystytään laskemaan teräksen kilomäärät. Liitososat on kuitenkin huomioitava erikseen. Jos terästen kilomääriä ei pystytä laskemaan tietomallista, ne saadaan esimerkiksi kertomalla terästyypin paino ja teräsosan pituus keskenään. (Haastattelu 3.) Terästeollisuuden alihankkijoilla on kyky ja valmiudet tietomallien hyödyntämiseen hankintaprosessissa, kunhan tiedot ovat tietomallissa oikein (Haastattelu 13). Betonitöiden määrälaskennassa mallista saadaan laskettua betonikuutiot, joita voidaan hyödyntää betonitöiden hankinnassa suuruusluokan määrittämiseen. Juotoksia, muotteja ja raudoituksia ei tietomallista saada laskettua, sillä niitä ei mallinneta. (Haastattelu 3; Haastattelu 13.) Tästä syystä tietomallia ei hyödynnetä raudoituksen hankinnassa (Haastattelu 4; Haastattelu 13). Raudoitusarvio voidaan kuitenkin laskea tietomallista saatujen betonikuutioiden perusteella, jos suunnittelija on määrittänyt

rautaa tietyn määrän per betonikuutio. Asuntokohteissa laatoitus on pääosin mallinnettu (Haastattelu 3). Kunhan laatat on tyypitetty oikein, saadaan tietomallista laskettua hankinnassa tarvittavat laattojen sijainti- ja määrätiedot (Haastattelu 13). Vaikka laatoitusta ei olisi mallinnettu, saadaan tietomallista laatoituksen määrät laskettua tilojen avulla, jos tiedetään, että laatoitusta on koko tilassa (Haastattelu 3).

Myös kalusteiden ja kodinkoneiden sekä ikkunoiden ja lasijulkisivujen laskennassa pystytään tietomallia hyödyntämään. Kalusteiden laskentaa hankaloittaa yhteisen linjauksen puuttuminen: lasketaanko kalusteet juoksumetreinä vai esimerkiksi kalustekappaleina. Kohdeyrityksen sisällä haasteita aiheuttavat myös suunnittelusopimukset: osa arkkitehtisopimuksista sisältää ainoastaan keittiön tilavarauksen mallintamisen ja keittiöön tarvittavien vesi- ja sähköpisteiden mitoituksen. Tällöin arkkitehti ei tee kalustesuunnitelmaa, vaan suunnitelman laatii kalustetoimittaja. Tällaisessa tilanteessa tietomallista ei saada laskettua kalustemääriä. Kodinkoneiden osalta tietomallista voidaan esimerkiksi laskea, tuleeko asuntoon 600 millimetriä vai 400 millimetriä leveä astianpesukone. Helpointa kodinkoneet on kuitenkin laskea käsin. (Haastattelu 3.) Kodinkoneiden ja kalusteiden hankinnoissa tietomallia ei juuri hyödynnetä. Kodinkoneiden lähtötiedot saadaan nopeimmin kerättyä ilman tietomallia, kun kerrotaan asuntoihin sijoitettavat kodinkoneet asuntojen määrällä. Tietomalli tuskin toisi tähän lisäarvoa. Kalustetiedot taas saadaan helpoiten arkkitehdin keittiö- ja kylpyhuonekaavioista. Näiden kaavioiden avulla hankinta yleensä tehdään. (Haastattelu 4; Haastattelu 13.) Ikkunoiden ja lasijulkisivujen laskennassa määriä pystytään laskemaan tietomallipohjaisesti, sillä oletuksella, että tietomalli on tehty oikein. Tällä hetkellä esimerkiksi ikkunoiden korkeudet ovat tietomallissa väärin, sillä mallinnusohjelmistojen ikkunaobjekti antaa IFC-muodossa väärän geometrian ikkunassa olevan vesipellityksen takia. (Haastattelu 3.) Ikkunoiden hankinnassa hyödynnetään yleensä arkkitehdin ikkunakaaviota (Haastattelu 13).

6.4.2 Hankinnan määrätietovaatimukset

Kohdeyrityksen tavoitteena on tulevaisuudessa tehostaa tietomallien hyödyntämistä hankintatoimissaan. Tavoitteen toteutumista varten yhtenä toimenpiteenä tulisi kerätä jokaiselle hankintanimikkeelle hankinnan määrätietovaatimukset eli mitä määrätietoa kunkin hankintanimikkeen hankintaa varten tarvitaan. Tässä tutkimuksessa määrätietovaatimuksia on käsitelty tutkimuksen rajausten mukaisesti kohdeyrityksessä tunnistettujen kymmenen taloudellisesti merkittävimmän hankintanimikkeen kontekstissa. Hankintayksikön ja tuotanto-organisaation edustajilta kerätyt määrätietovaatimukset taloudellisesti merkittävimpien hankintanimikkeiden osalta on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 5). Merkittävimmät hankintanimikkeet on merkitty taulukkoon kustannusten mukaisesti euromäärällisesti suurimmasta hankintanimikkeestä pienimpään.

Taulukko 5. Taloudellisesti merkittävimpien hankintanimikkeiden määrätietovaatimukset (Haastattelu 4; Haastattelu 13).

Nro	Hankintanimike	Määrätieto
1	Elementit	Nettopinta-alat Bruttopinta-alat Kappalemäärät Aukkojen koot Betonilaadut Painot Teräsosien tyypit Teräsosien kappalemäärät Teräslaadut
2	Betonityöt	Paikallavaluosien tilavuus Laudoitukseliöt Holvien pinta-ala Holvien paksuus Betonilaadut Kaatolattioiden pinta-ala Lattiatasoitteiden pinta-ala
3	Maanrakennus	Paalujen pituudet Paalujen sijainnit Vihertöiden pinta-alat Vihertöiden kappalemäärät Kivitöiden pinta-alat Louhinnan tilavuus Kaivannon tilavuus Täyttöjen tilavuus
4	LVI-työt	Komponenttien juoksumetrit Komponenttien kappalemäärät
5	Teräs	Profiilit Painot Juoksumetrit Pintakäsittelytiedot Teräslaadut Kokoonpanoluettelo
6	Sähköasennustyöt	Komponenttien juoksumetrit Komponenttien kappalemäärät
7	Rauditus	Raudoitetyypit Juoksumetrit Painot Raudoitelaatu Työpukkien kappalemäärä Irtoteräs/valmisraudoite
8	Kalusteet ja kodinkoneet	Kodinkoneiden koot Kodinkoneiden mallit Kodinkoneiden kappalemäärät Kalustekaappien koot Kalustekaappien kappalemäärät Kalusteovien koot Kalusteovien kappalemäärät Kivitasojen juoksumetrit Lisäosien (vetimet, kannakkeet yms.) kappalemäärät
9	Laatoitus	Seinä- ja lattianeliöt Laatoitettavien tilojen sijainnit Laattojen koot Laattojen värit Laattatyytit
10	Ikkunat ja lasijulkisivut	Ikkunatyytit Ikkunoiden koot Ikkunoiden kappalemäärä Julkisivun lasiosien tyypit Julkisivun lasiosien koot Julkisivun lasiosien kappalemäärät Julkisivun lasiosien sijainnit Lasijulkisivun teräsovat (katso kohta 5)

Elementit, betonityöt ja talotekniikkaurakat ovat potentiaalisimpia ja merkittävimpiä hankintanimikkeitä, joiden hankinnoissa tietomallia pystyttäisiin hyödyntämään. Tietomallia hyödynnettäisiin varmasti jokaisen nimikkeen kohdalla, kunhan tietomallista saatava tieto olisi luotettavaa. Elementtien osalta tärkeintä on, että tyyppielementit on mallinnettu oikein ja elementit on nimetty oikein. (Haastattelu 13.) Tietomallista laskettujen määrien ohella, tyyppielementtikuvat lähetetään mahdollisille elementtitoimittajille. Määrätietovaatimukset betonielementeille ovat elementtien brutto- ja nettopinta-alat ja kappalemäärät, aukkojen koot, elementtien painot sekä betonilaadut. (Haastattelu 4; Haastattelu 13.) Jos tietomallista olisi mahdollista laskea tarkkaan elementtien lisäosien määrät, pystyttäisiin elementtitoimittajaa paremmin sitomaan elementtitoimituksen kokonaishintaan. Elementtien teräsosista tarvittaisiin määrätiedot terästen tyypeistä ja kappalemääristä sekä teräslaaduista. (Haastattelu 13.) Tarkemmat lisäosat löytyvät tyyppielementtikuvista, joten niiden mallintaminen ei ole välttämätöntä (Haastattelu 4; Haastattelu 13).

Betonitöiden hankinnoissa tarvitaan määrätiedot paikalla valettavien rakenteiden tilavuudesta, laudoitusneliöistä, holvien pinta-aloista ja paksuuksista, betonilaaduista sekä kaatolattioiden ja lattiatasoitteiden pinta-aloista (Haastattelu 4; Haastattelu 13). Betonitöiden määrälaskennassa ongelmia aiheuttaa nostojen tulkinta: jotkut urakoitsijat laskevat nostot anturoiksi ja jotkut seiniksi (Haastattelu 13). Maanrakennuksen hankinnassa tärkeintä ovat maamassat. Tontilla olemassa olevan ja tontille tarvittavan maamassan määrittäminen etukäteen on kuitenkin hankalaa. Optimitilanteessa kohteen tarjoajat tutustuisivat kohteeseen paikan päällä. Maanrakennuksen hankinnassa olennaista määrätietoa ovat mahdollisten paalujen sijainnit ja pituudet, vihertöiden pinta-alat ja kappalemäärät, kivitöiden pinta-alat, louhinnan ja kaivuun tilavuudet sekä täyttöjen tilavuudet raekoittain ja maalajeittain. Maanrakennuksen lähtötiedot vaativat suuren pohjatyön, jotta kohteen maapohjasta saadaan jonkinlainen arvio. Yleensä maanrakennusurakoitsijoiden tarjoukset ovatkin niin sanottuja ”hihavakioita” eli karkeita arvauksia maanrakennusurakan hinnasta. (Haastattelu 4; Haastattelu 13.)

Talotekniikkaurakoiden hankinnassa tärkein määrätieto ovat erilaiset kaluste- ja varusteluettelot. Urakoitsijaa hyödyttäisi eniten, jos tietomallista olisi mahdollista laskea eri komponenttien kappalemäärät ja juoksumetrimäärät. Näin urakoitsijoille jäisi jäljelle ainoastaan työn hinnoittelu, kun tarjouslaskennasta jäisi massoittelemuksen osuus kokonaan pois. Erilaisia komponentteja ovat esimerkiksi vesikalusteet, patterit, lattialämmitys, putket, eristeet, sähkökalusteet ja -varusteet, IVA:n varusteet ja kalusteet, vuodonilmaisimet ja palopellit. Teräshankinnoissa tarvittavaa määrätietoa ovat teräsosien profiilit ja painot, profiilien pituudet ja pintakäsittelytiedot, teräksen laadut sekä teräsrakenteiden kokoonpanoluettelo. Suuremmat teräsosat koostuvat pienemmistä teräsosista, jotka on lueteltu

kokoonpanoluettelossa. Raudoitushankinnoissa tarvittavaa määrätietoa ovat raudoitetyypit, raudoitteiden juoksumetrit ja painot, raudoitelaatu ja asennukseen vaadittavien työpukkien määrä sekä tieto siitä, onko kyseessä irtorautoite vai jokin valmisraudoite kuten rauditusverkko tai hitsattu häkki. Näiden määrätietojen laskeminen tietomallista vaatisi kuitenkin ensin raudituksen mallintamista kokonaisuudessaan. (Haastattelu 4; Haastattelu 13.)

Kaluste- ja kodinkonehankinnoissa määrätietovaatimuksia ovat kodinkoneiden mallit ja kappalemäärät sekä kodinkoneiden koot, sillä esimerkiksi astianpesukoneita on kahta eri leveyttä. Kalustetarjouspyyntö pohjautuu tällä hetkellä kalustekaavioon. Jotta tarjouspyynnössä voitaisiin hyödyntää tietomallin määrätietoa, tietomallista pitäisi saada lasketua kalustekaappien koot ja kappalemäärät, kalusteovien koot ja kappalemäärät, kivitasojen juoksumetrit sekä kalusteiden vedinten, kannakkeiden ynnä muiden lisäosien kappalemäärät. (Haastattelu 4; Haastattelu 13.) Tietomallin hyödyntämistä kalustehankinnoissa voitaisiin tehostaa, jos arkkitehti pystyisi mallintamaan kalusteet suoraan oikean vuosisopimustoimittajan objekteilla (Haastattelu 13). Jotta tietomallia voitaisiin hyödyntää laatoituksen hankinnassa, olisi tietomallista löydettävä määrätiedot laatoitettavista seinä- ja lattianeliöistä, laatoitettavien tilojen sijainnista, laattojen koista ja väreistä sekä laattatyypeistä (Haastattelu 4; Haastattelu 13). Omissa asuntokohteissa asukasmuutokset hankaloittavat tietomallin hyödyntämistä täysin laatoitushankinnan lähtötietona (Haastattelu 13).

Ikkunoiden ja lasijulkisivujen hankinnoissa olennaista määrätietoa ovat ikkunoiden kappalemäärät, ikkunatyypit, ikkunoiden koot ja vastaavasti lasijulkisivun lasiosien kappalemäärät, tyypit ja koot (Haastattelu 4; Haastattelu 13). Lisäksi tietomallista pitäisi pystyä tarkastamaan lasijulkisivun lasiosien sijaintitiedot eli syvyys- ja korkeusasemat. Lasijulkisivun teräsosien määrätietovaatimukset ovat samat kuin muissakin teräshankinnoissa ja löytyvät taulukon kohdasta 5. Ikkunat hankitaan tällä hetkellä ikkunakaavion avulla. (Haastattelu 13.) Niin kauan, kuin erilaisia kaavioita ja luetteloita on olemassa, ei niiden sisältämien yksityiskohtien mallintaminen ole välttämätöntä. Tärkeintä tietomallipohjaisessa määrälaskennassa on, että erilaiset komponentit on tietomallissa tarkkaan tyypitetty ja tietomallista laskettava määrätieto on jaoteltavissa komponenttityypeittäin. Määrätieto pitäisi myös pystyä suodattamaan tietomallista kerroksittain, asunnoittain ja tiloitain. (Haastattelu 4; Haastattelu 13.) Eri pituisilla ja eri kokoisilla komponenteilla on eri hinnat ja komponentin sijainnilla rakennuksessa voi olla vaikutusta komponentin asennushintaan esimerkiksi talotekniikkaurakoissa (Haastattelu 11).

6.5 Tietomallin kehittäminen

Tutkimuksen kohdeyrityksen tavoitteena on kehittää tietomallia paremmin hankintoja palvelemaan suuntaan. Tietomallien kehittämiseen liittyy sekä haasteita että mahdollisuuksia. Tietomallintamisen kehityskohtia ovat itse mallinnettavat objektit, oleellisen tietosisällön ja tietomallivaatimusten määrittäminen, puutteet suunnitteluohjelmistoissa ja tietomalleissa, mallintamisen oikeellisuus ja tarkkuus, BEC-säännökset, tietomallien päivittäminen, tietomallien juridinen pätevyys sekä valmiusasteiden seuranta. (Haastattelu 1; Haastattelu 2; Haastattelu 3; Haastattelu 5; Haastattelu 6; Haastattelu 7; Haastattelu 8; Haastattelu 9; Haastattelu 10; Haastattelu 11; Haastattelu 12; Haastattelu 13.) Tällä hetkellä esimerkiksi sähkökalusteissa ja valaisimissa käytetään mallintamisessa jonkin verran itse mallinnettuja objekteja. Itse mallinnetut objektit eivät sisällä tietoa, joten niitä ei pystytä hyödyntämään määrälaskennassa. Objekteihin olisi mahdollista lisätä tietoa käsin. Sähkökalusteiden ja valaisimien hankinnassa hyödynnetäänkin tällä hetkellä kuitenkin sähkösuunnittelijan laatimia luetteloita, ei tietomallia. (Haastattelu 2.) Myös esimerkiksi ovien ja ikkunoiden hankinnassa hyödynnetään arkkitehdin ovi- ja ikkunaluetteloita tietomallin sijaan. Tärkeintä hankkeen alkuvaiheessa on olennaisen tiedon lisääminen tietomalliin ja täydentävää tietoa lisätään tietomalliin hankkeen edetessä. Tietomalli halutaan pitää valmistajatiedon osalta mahdollisimman neutraalina, jos valmistajasta ei olla alkuvaiheessa täysin varmoja. Niin kauan, kuin erilaisia luetteloita ja kaavioita tuotetaan, ei ole kannattavaa lisätä tietomalliin turhan tarkkaa tietoa. Tietosisältöä voi tietomalliin lisätä ainoastaan suunnittelija, joten tietojen lisääminen on lisätyötä kaiken muun suunnittelutyön ohella. Haasteena olisi tällaisen lisäsuunnittelutyön sovittaminen hankkeen suunnittelun aikajanelle niin, että se ehtisi hyödyttämään hankintoja. (Haastattelu 2; Haastattelu 8.)

Tärkeintä tietomallintamisessa olisi tarkkaan määrittää, mitä tietomallilta halutaan. Tärkeintä on tarkkaan punnita mallintamiseen kulutettua aikaa ja siitä saatavaa lisäarvoa. (Haastattelu 2; Haastattelu 3; Haastattelu 6; Haastattelu 8; Haastattelu 9.) Kehitystyön taustalla on aina oltava motivaatio ja perustelut sille, miksi asioita halutaan kehittää (Haastattelu 6). Mallintamisen kannattavuus on kohderiippuvaista. Esimerkiksi asuntotuotannossa talotekniikan materiaalikustannusten osuus on pieni, joten esimerkiksi valaisimien tyypittäminen tietomalliin ei toisi hankkeelle suurta lisähyötyä. Suuremmissa hankkeissa, kuten kauppakeskuksissa, tästä voisi kuitenkin olla hyötyä. Tietomallinnusprosessissa kannattavinta on tuottaa hankkeen alkuvaiheessa tietomalliin sellaista tietoa, jota prosessissa voidaan hyödyntää ilman, että tietoa täytyy tuottaa myöhemmin uudestaan. Tässä on huomioitava esimerkiksi asukasmuutoksista aiheutuvat suunnittel-

mamuutokset. Kohdeyrityksen laskentayksikössä on esimerkiksi kehitteillä taulukko, johon laskennassa kerätään tietomallista saadut ja käsin lasketut määrät asuntokohtaisesti. Taulukkoa hyödynnettäisiin myöhemmissä prosessin vaiheissa esimerkiksi työmaalla ja asukasmuutoksissa. Tarkoituksena on, että tietoa tarkennetaan ja päivitetään taulukkoon prosessin kuluessa. (Haastattelu 3.)

Jotta tietomalli palvelisi hankintaprosessia mahdollisimman tehokkaasti, tulisi tietomallien olla keskenään yhteneviä. Sama informaatio tulisi esittää samalla tavalla jokaisessa tietomallissa. Tämä vaatii suunnittelijoilta tietomalliohjeistuksen kurinalaista noudattamista. (Haastattelu 3.) Lisäksi tietomallin pitäisi päivittyä reaaliaikaisesti: asukas- ja suunnitelmamuutokset päivitetään sekä perinteisiin suunnitelmiin, että tietomalliin. (Haastattelu 1; Haastattelu 6; Haastattelu 13.) Case-projektissa ei vaadittu pohjarakenteiden mallintamista, joten maanrakennuksen hankinnassa ei olisi tietomallia voitukaan hyödyntää (Haastattelu 8). Samoin raudoitus olisi ensin mallinnettava, jotta tietomallia voitaisiin hyödyntää raudoitushankinnoissa. Raudoituksen mallintaminen kokonaisuudessaan on mahdollista, mutta se tekisi tietomallista todella raskaskäyttöisen. (Haastattelu 9.) Varsinkin talotekniikan suunnitteluohjelmistoissa on vielä puutteita. Esimerkiksi MatchiCAD-ohjelmalla objektien päivittäminen on haasteellista. Etenkin talotekniikka-suunnittelussa tulee vastaan myös mallintamisen oikeellisuuteen liittyviä haasteita. Esimerkiksi talotekniikan kanavia mallinnettaessa, jotkin kanavat kulkevat rakennuksessa päällekkäin. Tällaisessa tilanteessa joudutaan pohtimaan, onko selkeämpää mallintaa kanavat päällekkäin, kuten ne todellisuudessa ovat, vai mallintaa ne suunnitelmien selkeyden vuoksi hieman limittäin. Jos kanavat mallinnetaan limittäin, toinen kanavista sijaitsee todellisuudessa eri kohdassa kuin suunnitelmissa. (Haastattelu 6.)

Tietomallia on päivitettävä jatkuvasti, jotta sitä voidaan hyödyntää esimerkiksi rakennuksen ylläpitovaiheessa. Toimitilapuolella suurilla kiinteistöyrityksillä on tavoitteena hyödyntää tietomalleja tulevaisuudessa kiinteistöjensä ylläpidossa. Asuntokohteissa tietomallin hyödyntäminen kohteen ylläpidossa on täysin riippuvainen saatavilla olevien kiinteistönhuoltoyritysten tietomalliosaamisesta. Markkinoille pitäisikin saada enemmän sellaisia asuntokohteisiin erikoistuneita kiinteistönhuoltoyrityksiä, joilla olisi valmiudet kohteen tietomallin hyödyntämiseen toiminnassaan. Tietomallin hyödyntämiseen liittyy myös tietosuojalakeihin liittyviä riskejä, sillä tekniikan kehittyessä tietosuoja- ja yksityisyydensuoja-asiat nousevat esille. Suomalaisen kodin yksityisyydensuoja on todella kattava, mikä estää esimerkiksi tunnistelukkojen käytön asuntokohteissa. Yksityisasunnoista eivät ulkopuoliset toimijat saisi tietää oikeastaan mitään. Samoin murtautumismahdollisuudet tietojärjestelmiin kasvavat älyjärjestelmien yleistyessä, sillä älyjärjestelmiä pystytään

nykyisin ohjaamaan etänä pelkän koodin avulla. Älyjärjestelmät ja tunnistelukkojen kävijätiedot aiheuttavat tietoturvariskin: kenellä tulisi olla pääsy tällaisiin tietoihin. (Haastattelu 6.)

Elementtituotannossa tietomalleja pystytään hyödyntämään elementtien valmistuksessa. Jos esimerkiksi ontelolaatat on lähtökohtaisesti mallinnettu oikein, punostaja pystyy punostamaan ja tekemään tarvittavat kaaviot tietomallin laataston pohjalta. Yleensä jokaisessa tietomallissa on jotakin korjattavaa, vaikka elementtisuunnittelua varten on käytössä BEC-ohjeet (BEC2012) kaikilla toimijoilla. Esimerkiksi elementtien nimeämisessä on usein eroavaisuuksia, mikä aiheuttaa ylimääräistä työtä elementtitoimittajien järjestelmissä. (Haastattelu 7.) Määrälaskentaan liittyen elementtisuunnittelun mallin-
nusohjeet (BEC 2012) pitäisikin päivittää. BEC-säännökset eivät tunnista esimerkiksi rappauselementtien rappausta, jolloin elementin pinta-ala näkyy tietomallipohjaisessa määräluettelossa väärin. Elementtimäärien laskentaa hankaloittavat myös erimielisyydet määrälaskentatavoissa. (Haastattelu 6.) BEC-määräyksiin liittyen on myös huomioitava, että ohjelmistot eivät tuota haluttua asiaa välttämättä samalla tavalla. BEC-määräykset on alun perin suunniteltu pelkästään Tekla:n ohjelmistolle. Toisessa tällä hetkellä suurimmassa ohjelmistossa Revit:ssä nämä määräykset eivät toimi. (Haastattelu 3.)

Isommat kokonaisuudet on saatava mallinnuksessa ensin toimimaan, ennen kuin siirrytään alemmille ja tarkemmille tasoille. Isompi kokonaisuus on saatava toimimaan, jotta tarkempia tietoja pystytään hyödyntämään: jos elementit on tietomallissa nimetty väärin, ei elementtien raudoituksen mallintamisella tehdä yhtään mitään. (Haastattelu 3.) Mallintaminen vaatii suunnittelijoilta tarkkuutta (Haastattelu 1; Haastattelu 6; Haastattelu 7; Haastattelu 11; Haastattelu 12). Esimerkiksi ikkunat pitäisi litteroida tietomalliin tarkemmin: vaikka ikkunat olisivat keskenään muuten samanlaisia, mutta osassa niistä on auringonsuojalasi, eivät ne silloin ole samanlaisia keskenään ja ne tulisi litteroida erikseen. Lisäksi ikkunoiden jako ikkunakaaviossa valmiiksi kerroksittain helpottaisi ikkunatoimittajien työtä. Erilaisten kaavioiden ja luetteloiden pitäisi muutenkin olla mahdollisimman tarkkoja ja helposti ymmärrettäviä, jotta tulkinnanvaraisuuksilta ja epäselvyyksiltä välttyttäisiin. (Haastattelu 12.) Törmäystarkastelu on varsinkin talotekniikan osalta yksi tärkein tietomallista saatava hyöty (Haastattelu 1; Haastattelu 5; Haastattelu 11). Saman tyyppinen tarkastelu voitaisiin toteuttaa talotekniikan ja kalusteiden osalta, kunhan kalusteet on sijoitettu tietomalliin suunnitelmien mukaisesti tarpeeksi aikaisessa vaiheessa. Varsinkin kalusteiden ja pistorasioiden törmäystarkastelu olisi tärkeää, jotta pistorasioita ei jäisi kalusteiden taakse. (Haastattelu 1.)

Tietomalleja hyödynnetään tekniikan alalla monin eri tavoin. Esimerkiksi teollisuudessa tietomallit ovat olleet käytössä jo pitkään ja teollisuuden tietomallit ovat pitkälle kehittyneitä. Rakennusosalalla tietomallintamisessa ollaan kehityksestä jäljessä. (Haastattelu 6; Haastattelu 13.) Esimerkiksi auto- ja koneteollisuudessa tietomallipohjaisessa tuotannonohjausjärjestelmässä perustavaa laatua oleva tekijä on viivakooditieto. Kun tuotantoa lähdetään ohjaamaan ja projekti perustetaan, syntyy viivakoodinpätkiä, jotka kartoittavat tehtyjä työtunteja ja asennettuja komponentteja. Samanlaista tekniikkaa voitaisiin mahdollisesti hyödyntää myös rakennusosalalla. Jos arkkitehti mallintaisi kalusteet suoraan oikean kalustetoimittajan kalusteilla tai vaihtoehtoisesti kalustetoimittaja mallintaisi kalusteet, voitaisiin kalusteobjekteille koodata tällainen viivakoodinpätkä. Kalusteet asennetaan paikoilleen ja asennuksen jälkeen asentaja lukisi viivakoodin kaapista ja tieto päivittyisi valmiusasteena automaattisesti tietomalliin. Tällainen valmius on jo esimerkiksi betonielementtien tuotannossa ja sitä voitaisiin hyödyntää myös muiden alihankintojen valmiusasteiden seurannassa. (Haastattelu 13.)

Tietomallin pitäisi olla interaktiivinen ja voimakkaasti vuorovaikutuksessa jokaisessa hankkeen vaiheessa. Hankinta voisi laskea määriä tietomallipohjaisesti ja pystyisi hyödyntämään tietomallia sekä teknisenä että kaupallisena asiakirjana. Tätä varten tietomallien tulisi olla juridisesti yhtä päteviä kuin perinteiset suunnitelmat. Tietomallin avulla pystyittäisiin ehkäisemään mahdollisimman paljon häiriöiden syntymistä työmaalla. Tietomalliin voitaisiin liittää määrätiedon ja materiaalitiedon lisäksi rakennusosien kustannustieto sekä hankkeen aikataulutieto. Aikajanaa liikuttamalla pystyittäisiin visuaalisesti seuraamaan, kuinka kohde valmistuu. Tietomallista pystyittäisiin seuraamaan hankkeen valmiusasteen lisäksi kustannuksien reaaliaikaista toteutumista. Samalla tavalla tietomallista pystyittäisiin seuraamaan myös hankintojen valmiusastetta: mitkä hankinnat on tehty ja mitä on vielä hankkimatta. Tietomallista pystyittäisiin heti havaitsemaan mahdolliset häiriöt ja niihin osattaisiin varautua työmaalla. Työmaa pystyisi lisäksi hyödyntämään tietomallia esimerkiksi kolmiulotteisen aluesuunnitelman muodossa. (Haastattelu 13.)

Täydellinen tietomalli olisi ajan tasalla ja käytettävissä oikeaan aikaan sekä sisältäisi kaiken oleellisen ja tarvittavan määrätiedon. Täydellisen tietomallin tuottaminen nykyisillä ohjelmistoilla on täysin mahdollista. (Haastattelu 3.) Ihanteellisessa tilanteessa suunnittelijat työstäisivät reaaliajassa tietomallia, joka sisältäisi kaikkien suunnittelualojen uusimman tiedon. Suunnittelussa piilee tiedonhallintaan liittyvä riski: epähuomiossa hyödynnetään suunnittelutyössä jonkin toisen suunnittelualan vanhentunutta pohjaa. Tulevaisuudessa voisi olla mahdollista, että tietomalli muodostaisi yhden alustan, jolla kaikki suunnittelijat ja muut osapuolet toimisivat. Tämä antaisi suunnittelutyölle paljon uusia

mahdollisuuksia, kun kaikki suunnitteluohjelmat olisivat yhteensopivia ilman muunnostyökaluja. Tämä poistaisi myös aiemmin mainitun tiedonhallinnan riskin. Asuntosuunnittelu on suhteellisen yksinkertaista ja käytettävissä suunnitteluohjelmistoissa on paljon potentiaalia. Hyödyntäminen vaatisi vain hyvin standardisoidun ympäristön. (Haastattelu 8.)

6.6 Tietomallin tehokkaampi hyödyntäminen hankintaprosessissa

Kohdeyrityksen tavoitteena on tulevaisuudessa hyödyntää tietomalleja hankintaprosessissa mahdollisimman tehokkaasti. Jotta tietomallia voitaisiin hyödyntää tehokkaammin, on suunnittelun aikataulutukseen kiinnitettävä erityistä huomiota (Haastattelu 2). Muita tärkeitä tekijöitä tietomallien hyödyntämisen tehostamisessa ovat päätöksenteko, suunnitelmamuutokset, hankintaprosessin osapuolten motivaatio, tietomallivaatimusten selkeys, tiedon oikea-aikaisuus, tietomallien päivittäminen, määrälaskenta, henkilöstön ja alihankkijoiden tietomalliosaamisen kehittäminen, tietomalleja hyödyntävien alihankkijoiden kartoittaminen, suunnitelmien valmiusaste hankintavaiheessa sekä tietomallipohjaisen määrätiedon tehokkaampi hyödyntäminen hankinnoissa. (Haastattelu 1; Haastattelu 2; Haastattelu 3; Haastattelu 4; Haastattelu 5; Haastattelu 6; Haastattelu 7; Haastattelu 8; Haastattelu 9; Haastattelu 10; Haastattelu 11; Haastattelu 12; Haastattelu 13.)

Alkuvaiheen suunnitteluun tulisi panostaa mahdollisimman paljon, jotta suunnitelmiin ei luonnosten lukitsemisen jälkeen tarvitsisi enää tehdä muutoksia. Kaikkien hankkeen osapuolten pitäisi osallistua suunnitteluprosessiin ja päätöksentekoon sekä sitoutua tehtyihin päätöksiin. (Haastattelu 6; Haastattelu 8; Haastattelu 9.) Lisäksi hankkeen osapuolilla tulisi olla motivaatiota ja halua kehittyä ja oppia käyttämään ja hyödyntämään tietomalleja tehokkaammin (Haastattelu 10). Koska mallintamiseen käytetään paljon aikaa, olisi toivottavaa, että tietomallia pystyttäisiin hyödyntämään hankkeen myöhemmissä vaiheissa (Haastattelu 2; Haastattelu 8; Haastattelu 9; Haastattelu 10). Jotta tietomalleja voitaisiin esimerkiksi hankintaprosessissa hyödyntää tehokkaammin, olisi hankintaprosessin osapuolilla oltava motivaatiota oppia hyödyntämään tietomalleja. Tämä koskee niin yrityksen omaa henkilöstöä kuin aliurakoitsijoitakin. Jotta tietomallin täysi potentiaali saataisiin hyödynnettyä sekä hankintaprosessissa että toteutusvaiheessa olisi aliurakoitsijoillakin oltava valmiudet tietomallien hyödyntämiseen niin tarjouslaskennassa kuin työmaallakin. (Haastattelu 10.)

Tietomallivaatimusten pitäisi olla yksiselitteisiä. Tiedon pitäisi olla oikeassa paikassa ja oikeassa muodossa, jotta se pystytään lukemaan. Tällä hetkellä vaatimukset ovat piilo-

tettuina kohdeyrityksen tietomalliohjeistuksessa. Isossa roolissa on tietenkin suunnittelijoiden kurinalaisuus tietomalliohjeistuksen noudattamisessa. Hankintojen kannalta tärkeintä on tiedon oikea-aikaisuus. Suunnittelutoimistoilla on erilaisia tietomallinnuskäytäntöjä. Jotkut suunnittelutoimistot mallintavat ensin isommat kokonaisuudet valmiiksi ja lähtevät sitten tarkentamaan tietomallia. Toiset taas mallintavat esimerkiksi yhden linjan kerrallaan valmiiksi. Tarkemman määrälaskennan avulla pystyttäisiin tekemään sitovampia kokonaishintaisia kauppvoja, jolloin välttyttäisiin monilta toimittajien lisälaskuilta esimerkiksi elementtitoimituksissa. Tämä vaatii aikaa ja resursseja. Laskentavaiheessa tietomalli on usein vielä keskeneräinen, mutta varsinkin isommissa ja erikoisemmissa kohteissa se toimii tärkeänä havainnollistavana työkaluna. Tosin vain viitteellisenä. Määrätieto voidaan urakkasopimuksissa kuitenkin ilmoittaa pelkästään arviona. Tilaaja laskee määrät ja sopimukseen kirjataan hyvityshinta, jos määrä toteutusvaiheessa kasvaa tai pienenee. Tällöin urakoita voidaan hinnoitella tarkemmin, jolloin mahdollisuudet ja riskit pienenevät. (Haastattelu 6.)

Jos tietomalli olisi täydellinen, eli olisi ajan tasalla ja käytettävissä sekä sisältäisi tarvittavan määrätiedon, hyödynnettäisiin sitä määrälaskennassa samaan tapaan kuin tähänkin asti. Kaksiulotteisia suunnitelmia hyödynnettäisiin edelleen määrälaskennassa, sillä ne sisältävät sellaista tietoa, jota tietomalliin ei välttämättä voida sisällyttää. Tietomallista voi olla vaikea hahmottaa, mitä kaikkea jokin määrätieto sisältää eli mitkä kaikki rakennusosat määriin on sisällytetty. Täydellistä tietomallia hyödynnettäisiin laskennassa ahkerammin, mutta tietomallipohjaiseen määrätietoon ei silti luotettaisi sataprosenttisesti. Keskeneräisessä tietomallissa on puutteita ja virheitä, jotka käyvät ilmi tietomalliselostuksesta. Kaksiulotteisissa suunnitelmissa keskeneräiset osat voidaan merkata suoraan suunnitelmiin, mikä helpottaa niiden visuaalista hahmottamista. Pelkästä tietomallista puutteita voi olla silmämääräisesti vaikea havaita. (Haastattelu 3.)

Täydellisen tietomallin rinnalla laskennassa käytettäisiin edelleen apuna Excel-taulukkoa, johon tietomallista saadut määrät kirjattaisiin. Taulukon määriin pystytään helposti lisäämään kyseiseen hankintanimikkeeseen liittyvät muut työt, joita tietomallista ei pystytä laskemaan ja jotka kuitenkin on sisällytettävä hankintakokonaisuuteen. Tärkeintä tietomallipohjaisessa määrälaskennassa onkin saatavissa olevan tiedon hyödyntäminen ja jatkojalostaminen: lasketaan tietomallista se määrätieto, joka on mahdollista laskea ja jatkojalostetaan tietoa jollakin muulla tavalla jonkin toisen dokumentaation avulla, jotta päästään lopulta haluttuun lopputulokseen. Tarkoitus ei ole kuvitella, että tietomallista saataisiin valmiina kaikki tarvittava informaatio. Tällainen menettely vaatii määrälaskentalta kokemusta. Tietomallista määriä laskevan on hallittava kolme osa-aluetta: perusmäärälaskenta, tietomalliperustaisen määrälaskennan kompastuskivet ja ohjelmiston

käyttäminen sekä laskettavan kohteen tuntemus. Jos yksikin osa-alueista on pielessä, laskennasta saatuihin määriin ei voida luottaa. (Haastattelu 3.)

Jos tietomalli olisi täydellinen, hyödynnettäisiin sitä jokaisessa hankintaprosessin vaiheessa (Haastattelu 4; Haastattelu 13). Tämä nopeuttaisi hankintayksikön toimintaa, kun hankinnassa pystyttäisiin tarkastelemaan määriä itse. Tällä hetkellä hankinnoissa joudutaan turvautumaan laskentayksikön tuottamaan määrätietoon, sillä hankinnalla ei ole aikaa määrien tarkistamiseen. Täydellistä tietomallia voitaisiin hyödyntää hankinnan omaan tarkasteluun ennen tarjouspyynnön lähettämistä mahdollisten alihankkijoiden huomiota kaipaavien kohtien varalta. Nämä kohdat huomioitaisiin tarjouspyynnössä. Tietomallin tarkastelu urakkaneuvotteluissa olisi edelleen avainasemassa. Lisäksi tietomallia voitaisiin hyödyntää muutostöiden hallinnassa ja muutenkin hankinnan ohjaus- ja valvontavaiheessa. (Haastattelu 13.) Tuotannossa tietomallipohjainen luotettava määrä-tieto nopeuttaisi varsinkin lähtötietojen keräämistä (Haastattelu 4). Tarjoajien valintavaiheessa potentiaalisia tarjoajia pystyttäisiin kartoittamaan uudella tavalla: esimerkiksi talotekniikkaurakoissa olisi mahdollista lähettää sähköpostitse tietomallin latauslinkki potentiaalisille urakoitsijoille ja tällä tavoin tiedustella, ketkä urakoitsijat ehtisivät laskea tarjouksen ja kenellä olisi mielenkiintoa tarjota kyseistä kohdetta. Yksi askel tietomallien tehokkaammassa hyödyntämisessä olisikin kartoittaa ne alihankkijat, joilla on valmiudet tietomallien hyödyntämiseen ja täydentämiseen. (Haastattelu 13.)

Hankkeen kustannusrakenne muuttuu riippuen siitä, missä kohtaa hanketta suunnittelusta maksetaan. Tällä voi olla positiivisia tai negatiivisia vaikutuksia. Yksi esimerkki tällaisesta ovat teräshankinnat, jotka tehdään arkkitehtikuvien pohjalta. Hankinnasta maksetaan X euroa. Suunnittelussa on säästetty kuukausia tai vuotta aikaisemmin 500€, kun rakennesuunnittelija ei ole piirtänyt teräshankinnasta konepajakuvia. Tällaisessa tapauksessa alihankkija piirtää konepajakuvat itse ja muuttaa tiedon omaan tuotantoonsa sopivaksi. Tämä saattaa nostaa hankintahintaa 0€ tai pahimmassa tapauksessa tämä voi nostaa hankintahintaa 5 000€, joka on suuri kustannus verrattuna siihen, että rakennesuunnittelija olisi piirtänyt konepajakuvat ennen hankinnan suorittamista. Konepajakuvien puuttuminen tarjouspyyntövaiheessa lisäksi rajaa mahdollisten terästoimittajien määrää, kun ainoastaan pajat, joilla on oma konepajasuunnittelu, pystyvät tarjoamaan kohdetta. Lisäksi terästeollisuuden alihankkijoilla olisi valmiudet tietomallien hyödyntämiseen toiminnassaan.

Alihankkijoiden näkökulmasta tietomallin hyödyntämistä hankintaprosessissa voitaisiin tehostaa erityisesti tarjouspyyntövaiheessa (Haastattelu 1; Haastattelu 5; Haastattelu 7; Haastattelu 11; Haastattelu 12). Tietomalli voitaisiin luovuttaa alihankkijoille tarjouspyynnön tueksi, sillä määrätiedon ohella tietomalli visualisoi kohteen alihankkijalle paremmin

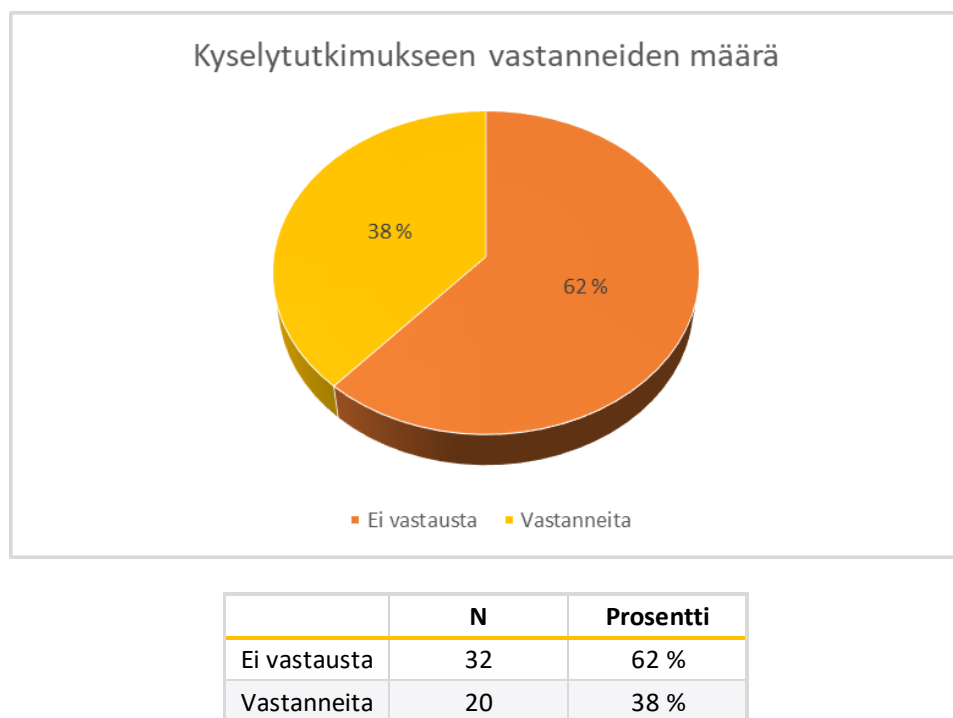
kuin perinteiset suunnitelmat (Haastattelu 7). Esimerkiksi talotekniikan alihankkijat eivät kuitenkaan koe tietomalliosaamisen kehittämistä ja tietomallien hyödyntämistä omassa toiminnassaan kannattavaksi (Haastattelu 1; Haastattelu 5; Haastattelu 11). Oman lisenssin avulla alihankkijat pystyisivät tarkastelemaan tietomallia missä ja milloin tahansa, eikä rakennusaikainen tietomallin tarkastelu olisi pelkästään tilaajan lisenssin varassa (Haastattelu 11).

Tietomallin lähettämisen lisäksi valmiin määräluettelon lähettäminen tarjouspyynnön liitteenä olisi keino tehokkaammin hyödyntää tietomallia hankinnoissa (Haastattelu 1; Haastattelu 5; Haastattelu 7; Haastattelu 11). Tarkoituksenmukaista ei välttämättä olisi alihankkijoiden tietomalliosaamisen kehittäminen vaan tarjousprosessin nopeuttaminen ja helpottaminen tarjoamalla tarkempaa ja valmiimpaa määrätietoa tilaajan puolesta (Haastattelu 5; Haastattelu 11). Määräluettelon lähettäminen helpottaisi sekä toimittajien että tilaajan työtä, kun saadut tarjoukset olisivat varmemmin vertailukelpoisia keskenään. Määrälaskenta on kuitenkin iso osa tarjouslaskentaa, joten valmis määräluettelo nopeuttaisi urakkalaskentaa huomattavasti. Harvalla alihankkijalla on vielä valmiuksia määrien laskemiseen tietomallista, joten tilaajan laatima määräluettelo olisi kannattavin vaihtoehto tietomallipohjaisen määrätiedon hyödyntämiseen. Tällöin määrät eivät olisi tulkinanvaraisia vaan kaikki alihankkijat olisivat tarjouskissassa samalla viivalla. (Haastattelu 5) Esimerkiksi elementtihankinnassa riittäisi tietomallista tulostettu karkeampi luettelo elementtien määrästä, joka lähetettäisiin tarjouspyynnön mukana elementtitoimittajille. Tarjouspyynnön mukana lähetettäisiin myös elementtien tyyppikuvat, joista selviävät elementtien tarkemmat yksityiskohdat. Yksityiskohdat muuttuvat usein ja siksi esimerkiksi elementtien raudoituksia ja muita elementtien lisäosia ei ole tarpeellista mallintaa. (Haastattelu 7.)

7. TIETOMALLIT HANKINNASSA- KYSELYTUTKIMUKSEN TULOKSET

7.1 Kyselytutkimuksen vastaajien määrä

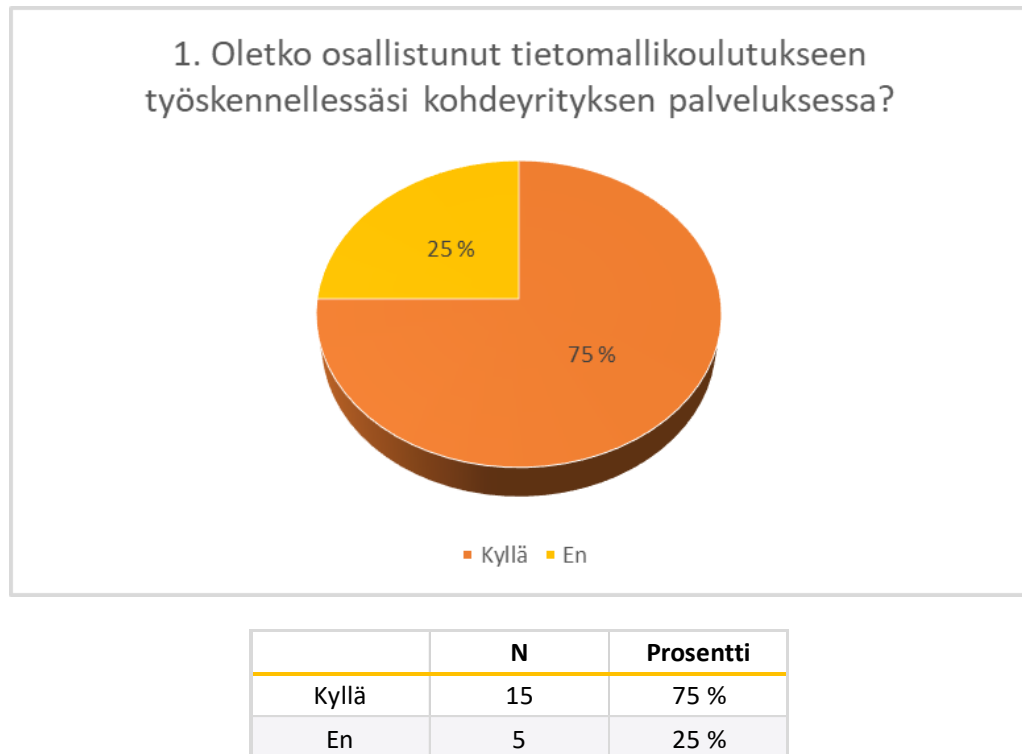
Sähköinen kyselylomake lähetettiin 52 valikoidulle vastaanottajalle, joista kahden viikon vastausaikana kyselytutkimukseen osallistui 20 henkilöä. Täten kyselytutkimuksen vastausprosentti oli 38 prosenttia. Kyselytutkimukseen jätti osallistumatta 32 vastaanottajaa eli 62 prosenttia tutkittavista. Vastaajien määrä verrattuna tutkittavien määrään on esitetty kuvassa (Kuva 23).



Kuva 23. Kyselytutkimukseen vastanneiden määrä.

7.2 Kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallikoulutuksen nykytilanne

Kyselytutkimuksen ensimmäisen kysymyksen tarkoituksena oli kartoittaa kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallikoulutuksen nykytilannetta eli moniko vastanneista on osallistunut tietomallikoulutukseen työskennellessään kohdeyrityksen palveluksessa. Vastausten jakauma on esitetty kuvassa (Kuva 24). Kysymykseen vastanneista 75 prosenttia on osallistunut tietomallikoulutukseen työsuhteensa aikana ja 25 prosenttia vastaajista ei ole osallistunut tietomallikoulutukseen. Kyselytutkimukseen osallistuneista 100 prosenttia vastasi tähän kysymykseen.



Kuva 24. Kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallikoulutuksen nykytilanne.

7.3 Tietomallien hyödyntämisen nykytilanne kohdeyrityksen hankintatoimessa

Seuraavaksi kartoitettiin kohdeyrityksen hankintatoimen tietomallien hyödyntämisen nykytilannetta eli kuinka moni kohdeyrityksen hankintahenkilöstöstä hyödyntää tietomalleja työtehtävissään tällä hetkellä. Vastaukset on esitetty kuvassa (Kuva 25). Kysymykseen vastanneista 65 prosenttia vastasi hyödyntävänsä tietomalleja työtehtävissään. Vastaa- jista 35 prosenttia vastasi, ettei hyödynnä tietomalleja työtehtävissään lainkaan. Kysy- mykseen vastasivat kaikki kyselytutkimukseen osallistuneet eli kysymyksen vastauspro- sentti oli 100 prosenttia.



	N	Prosentti
Kyllä	13	65 %
En	7	35 %

Kuva 25. Kohdeyrityksen hankintatoimen tietomallien hyödyntämisen nykytilanne.

Jotta päästäisiin paremmin selville siitä, miksi osa vastanneista hyödyntää työtehtävissään tietomalleja ja osa ei, esitettiin tutkittaville seuraavaksi tarkentavia kysymyksiä liittyen edelliseen kysymykseen numero 2. Jos tutkittava vastasi ”Kyllä” aiempaan kysymykseen, esitettiin hänelle jatkokysymyksenä kysymys numero 3 ”Miten hyödynnät tietomalleja työssäsi?”. Jos taas tutkittava vastasi ”Ei” aiempaan kysymykseen, esitettiin hänelle jatkokysymyksenä kysymys numero 4 ”Miksi et hyödynnä tietomalleja työssäsi?”. Näihin kysymyksiin ei ollut määritetty etukäteen valmiita vastausvaihtoehtoja vaan nämä esitettiin tutkittaville avoimina kysymyksinä. Näiden kysymysten vastauksissa esille tulleet pääkohdat on esitetty taulukoissa (Taulukko 6, Taulukko 7). Taulukoissa on lisäksi esitetty, kuinka monessa vastauksessa asia on nostettu esille. Yksi vastaaja on saattanut nostaa vastauksessaan esille useamman taulukon asioista.

Taulukko 6. Kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallien hyödyntämistapoja.

3. Miten hyödynnät tietomalleja työssäsi?		
Vastaajia: 13	N	Prosentti
Suunnitelmien ja koko hankkeen visuaalinen hahmottaminen	7	54 %
Määrälaskenta	5	38 %
Suunnitelmien esittely muille osapuolille	4	31 %
Detaljien tarkastelu	2	15 %
Mittojen tarkastelu	2	15 %
Kaikilla tavoin	1	8 %

Kaikki 13 vastaajaa, jotka vastasivat ”Kyllä” toiseen kysymykseen, vastasivat kysymykseen numero 3. Kysymyksen vastausprosentti oli täydet 100 prosenttia. Yli puolet kysymykseen vastanneista kertoi hyödyntävänsä tietomallia suunnitelmien ja koko rakennushankkeen visuaalisessa hahmottamisessa. Rakennuksen hahmottaminen koetaan helpommaksi kolmiulotteisena kuin perinteisistä paperisista tai PDF-suunnitelmista. Tietomalli mahdollistaa myös rakennuksen sisällä kulkemisen. Toiseksi useimmin vastauksissa nostettiin esille tietomallien hyödyntäminen määrälaskennassa. Vastaajista 38 prosenttia kertoi hyödyntävänsä tietomallia määrälaskennassa. Kolmanneksi eniten vastauksissa esiintyi suunnitelmien esittely hankkeen muille osapuolille. Vastaajista 31 prosenttia kertoi hyödyntävänsä tietomallia kohteen ja suunnitelmien havainnollistamiseen esimerkiksi kommunikoitaessa urakoitsijoiden, toimittajien ja suunnittelijoiden kanssa. Muita useamman kerran esille tulleita asioita olivat detaljien ja mittojen tarkastelu. Esimerkiksi urakkaneuvotteluissa detaljien tarkastelu urakoitsijoiden kanssa on helpompaa ja havainnollistavampaa kolmiulotteisena. Eräs vastaaja kommentoi myös, että tietomallia voi hyödyntää oikeastaan ihan kaikessa, eikä sen tarvitse olla täydellinen.

Vastaajat nostivat esille myös mahdollisia ongelmakohtia tietomallien hyödyntämiseen liittyen. Muutama vastaaja nosti esille tietomallin puutteellisuuden ja keskeneräisyyden. Vastaajat kokivat ongelmaksi sen, että tietomallia tehdään sitä mukaa kuin projekti etenee. Näin ollen tietomallista laskettavat määrät eivät ole välttämättä tarkkoja. Eräs vastaajista nosti esille myös ainakin infrarakentamisen puolella vallitsevan perustavalaatuksen ongelman tietomalleihin liittyen. Suunnittelijoiden tuottamat tietomallit eivät ole lähtötietojen oikeellisuuden osalta kovinkaan tarkkoja, sillä julkisella puolella tilaajat eivät vielä halua panostaa tietomallien laatuun. Suurin ongelma on se, että tietomallit eivät ole sitovia sopimusasiakirjoja. Ennen kun tietomallit alkavat sitoa sopimussuhteessa olevia osapuolia, joudutaan hankinnoissa edelleen turvautumaan kaksiulotteisiin sitoviin PDF-suunnitelmiin ja tietomallit pysyvät toissijaisina. Lisäksi urakoitsijoilla ja toimittajilla olisi kyllä valmiuksia hyödyntää ja jopa täydentääkin tietomalleja rakentamisen aikana, jos suunnittelijat suostuisivat luovuttamaan natiivimallin urakoitsijoiden käyttöön.

Taulukko 7. Esteet tietomallien hyödyntämiselle kohdeyrityksen hankintatoimessa.

4. Miksi et hyödynnä tietomalleja työssäsi?		
Vastaajia: 7	N	Prosentti
En osaa käyttää tietomalleja	3	43 %
En tarvitse työssäni tietomalleja	2	29 %
Mallien puutteellisuus	1	14 %
Ajanpuute	1	14 %

Kaikki seitsemän, jotka vastasivat ”Ei” kysymykseen numero 2, vastasivat neljänteen kysymykseen. Kysymyksen vastausprosentti oli täydet 100 prosenttia. Vastanneista 43 prosenttia eli melkein puolet eivät hyödynnä tietomalleja työssään, koska heiltä puuttuu tähän vaadittava osaaminen. Vastaajat olisivat kyllä halukkaita hyödyntämään tietomalleja, mutta niiden käyttäminen tuntuu vaikealta. Tietomallista olisi varmasti hyötyä ainakin uuteen rakennushankkeeseen tutustuttaessa. 29 prosenttia vastaajista ei tarvitse tämän hetkissä työtehtävissään tietomalleja, eivätkä siksi hyödynnä niitä työssään. Tietomalliosaamista kuitenkin löytyy, sillä aikaisemmissa työtehtävissään osa vastaajista kertoi hyödyntäneensä tietomalleja. Muita esteitä tietomallien hyödyntämiselle olivat ongelmat tietomallien saatavuudessa ja niiden puutteellisuus sekä ajanpuute. Tarvittavat tiedot saadaan nopeammin jotakin muuta kautta.

7.4 Tietomallien tehokkaampi hyödyntäminen kohdeyrityksen hankintaprosessissa

Kyselytutkimuksen seuraavassa osiossa tutkittavia pyydettiin pohtimaan, miten he hyödyntäisivät tietomalleja hankintaprosessin eri vaiheissa, jos tietomalli olisi ”täydellinen”. Täydellisellä tietomallilla tarkoitetaan tässä tapauksessa ajan tasalla ja hankinnan käytettävissä olevaa tietomallia, joka sisältäisi kaiken tarvittavan määrätiedon hankintoja varten. Tutkittaville esitettiin kysymyksen ohessa kohdeyrityksen operatiivisen hankinnan prosessikaavio (kts. luku 5.2.1 Hankinta kohdeyrityksessä), johon kysymyksessä viitataan. Kysymys oli tutkimuksessa jaettu hankintaprosessin kolmen päävaiheen mukaisesti kolmeen alakohtaan: hankinnan valmistelu, hankintapäätöksen teko sekä hankinnan ohjaus ja valvonta. Kysymys esitettiin avoimena eli tutkittavat saivat vapaasti vastata jokaiseen kysymyksen alakohtaan.

Kysymyksen numero 5 vastauksissa esille nousseet pääkohdat, on kerätty kysymyksen alakohdittain omiin taulukoihinsa (Taulukko 8, Taulukko 9, Taulukko 10). Taulukoissa on lisäksi esitetty, kuinka monessa vastauksessa asia on nostettu esille. Yksi vastaaja on saattanut nostaa vastauksessaan esille useamman taulukon kohdista. Kyselytutkimukseen osallistuneista yhteensä 18 vastasi kysymykseen 5 eli vastausprosentti oli 90 prosenttia. Vastaamatta jättäneet kuuluivat niiden 35 prosentin joukkoon, jotka eivät kysymyksen numero 2 perusteella hyödynnä tietomalleja työtehtävissään tällä hetkellä. Kaikki 18 vastaajaa eivät vastanneet kaikkiin kysymyksen alakohtiin, joten vastausprosentit vaihtelevat alakohdittain.

Taulukko 8. *Tietomallien tehokkaampi hyödyntäminen kohdeyrityksen hankinta-prosessissa hankintojen valmisteluvaiheessa.*

5. Miten hyödyntäisit tietomallia hankintaprosessin eri vaiheissa, jos tietomalli olisi täydellinen?		
a) Hankinnan valmistelu		
Vastaajia: 16	N	Prosentti
Määrälaskenta	10	63 %
Visuaalinen hahmottaminen	6	38 %
Lähtötietojen tarkkuus	2	13 %
Tarjoajien valinta	1	6 %
Malli sitovana asiakirjana	1	6 %

Ensimmäiseen alakohtaan vastauksia kertyi 16 kappaletta, joten alakohdan vastausprosentti oli 89 prosenttia. Hankinnan valmisteluvaiheessa 63 prosenttia vastaajista hyödyntäisi tietomallia määrälaskennassa. Täydellisestä tietomallista saataisiin haettua tarvittavat määrä- ja sijaintitiedot tarjouspyyntöä varten. Toiseksi eniten vastauksissa painottui visuaalinen hahmottaminen. 38 prosenttia vastaajista hyödyntäisi tietomallia kohteeseen tutustumiseen sekä suunnitelmien hahmottamiseen. Tietomallista voitaisiin lähettää avustavia kuvia toimittajille tarjouslaskennan helpottamiseksi. Tietomallin avulla voitaisiin lisäksi tarkastella vaihtoehtoisia tuotteita ja rakenteita. Muita vastauksissa esille nousseita asioita olivat lähtötietojen tarkkuus, tarjoajien valinta sekä tietomallin liittäminen tarjouspyyntöön sitovaksi asiakirjaksi. Täydellisestä tietomallista olisi mahdollista saada ulos tarkempia määrätietoja, jolloin tarjouspyynnön lähtötiedoista saadaan tarkempia. Saatua tarjous on niin hyvä kuin on lähetetty tarjouspyyntökin, joten tarkemmilla lähtötiedoilla ja tarkemmalla tarjouspyynnöllä on mahdollista saada yksiselitteisempiä tarjouksia. Tarkemmilla määrillä yksikköhintaiset kaupat pystyttäisiin tekemään kokonaishintaisina. Toimittajien valinnassa voisi korostua toimittajan valmius hyödyntää ja kommentoida tietomalleja.

Taulukko 9. *Tietomallien tehokkaampi hyödyntäminen kohdeyrityksen hankinta-prosessissa hankintapäätöksen tekovaiheessa.*

5. Miten hyödyntäisit tietomallia hankintaprosessin eri vaiheissa, jos tietomalli olisi täydellinen?		
b) Hankintapäätöksen teko		
Vastaajia: 14	N	Prosentti
Visuaalinen työkalu neuvottelutilanteessa	7	50 %
Määrälaskenta	6	43 %
Tarjousvertailun tarkentaminen	4	29 %
Sopimusliite	4	29 %

Tutkittavista 14 vastasi kysymyksen numero 5 toiseen alakohtaan. Alakohdan vastausprosentti oli 78 prosenttia. Tasan puolet vastaajista hyödyntäisi tietomallia hankintapäätöksen tekovaiheessa visuaalisena työkaluna neuvottelutilanteissa. Tietomallia hyödynnettäisiin neuvotteluissa kohteen ja urakan tai toimituksen sisällön havainnollistamiseen, urakkarajojen selventämiseen sekä yhteisymmärryksen varmistamiseen urakoitsijan tai toimittajan kanssa. Asennusjärjestystä on myös mahdollista suunnitella tai havainnollistaa neuvotteluissa tietomallin avulla. Melkein puolet vastaajista eli 43 prosenttia hyödyntäisivät tietomalleja määrien laskemiseen ja tarkentamiseen. Sopimus voitaisiin pohjata suoraan tietomallista laskettuihin määriin. 29 prosenttia vastaajista hyödyntäisi tietomallia tarjousvertailun tarkentamiseen sekä liittäisi tietomallin sitovaksi asiakirjaksi sopimukseen. Tietomallin avulla pystyttäisiin varmistamaan, että tarjousten sisältöön kuuluvat kaikki urakkasisältöön määritellyt rakenteet ja että tarjoukset ovat vertailukelpoisia keskenään. Tarjousvertailu pystytään pohjaamaan tietomallista laskettuihin määriin, jolloin vertailuun ei jää määriin liittyvää riskiä. Kun tietomalli liitetään sopimukseen sitovaksi asiakirjaksi, myös sopimus pystytään pohjaamaan tietomallista laskettuihin määriin.

Taulukko 10. *Tietomallien tehokkaampi hyödyntäminen kohdeyrityksen hankintaprosessissa hankinnan ohjaus- ja valvontavaiheessa.*

5. Miten hyödyntäisit tietomallia hankintaprosessin eri vaiheissa, jos tietomalli olisi täydellinen?		
c) Hankinnan ohjaus ja valvonta		
Vastaajia: 15	N	Prosentti
Tuotannon etenemisen seuranta	5	33 %
Määrien vertailu	4	27 %
Aikatauluseuranta	3	20 %
Lisä- ja muutostöiden hallinta	3	20 %
Toteutusvaiheen toimenpiteet	2	13 %
Visuaalinen hahmottaminen	2	13 %
Toimittajien mallin täydentäminen	2	13 %
Hankinta-aikataulun ja -suunnitelman seuraaminen	1	7 %

Kolmanteen ja viimeiseen alakohtaan vastauksia kertyi 15 kappaletta. Alakohdan vastausprosentti oli 83 prosenttia. Hankinnan ohjaus- ja valvontavaiheessa 33% eli kolmasosa vastaajista hyödyntäisi tietomallia tuotannon etenemisen seurantaan. Tietomallista voitaisiin esimerkiksi seurata elementtien tuotannon etenemistä: mitkä kivet ovat tuotannossa ja mitkä on jo toimitettu työmaalle. Vastaajista 27 prosenttia hyödyntäisi tietomallia määrien vertailuun ja 20 prosenttia hyödyntäisi tietomallia aikatauluseurantaan sekä lisä- ja muutostöiden hallintaan. Tietomallista laskettuja määriä voitaisiin vertailla toteutuneisiin määriin esimerkiksi taloudellisessa loppuselvityksessä tai jälkilaskennassa. Lisä- ja

muutostöiden hallinnassa tietomallia voitaisiin hyödyntää muutostöiden kohteiden osoittamisessa ja suunnittelussa. 13 prosenttia vastaajista hyödyntäisi tietomallia kaikissa toteutusvaiheen toimenpiteissä, visuaalisessa hahmottamisessa sekä täydentäisi tietomallia toimittajien avustuksella. Tietomallin visuaalisuutta voidaan hyödyntää esimerkiksi ongelmakohtien ja reklamaatioiden selventämisessä. Osalla toimittajista on valmiudet tietomallin hyödyntämiseen omatoimisesti ja jopa tietomallin täydentämiseen.

Vastauksissa nousi esiin myös mahdollisia kehitysideoita. Tietomallin avulla voisi olla mahdollista visuaalisesti seurata hankinta-aikataulua ja hankintasuunnitelmaa samaan tapaan, kuin elementtien tuotannon etenemistä. Jos hankinta-aikataulu ja hankintasuunnitelma voitaisiin integroida tietomalliin, olisi mahdollista seurata reaaliaikaisesti mitkä hankinnat on tehty ja mitä seuraavaksi on tulossa hankintaan.

7.5 Kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallikoulutuksen tarve

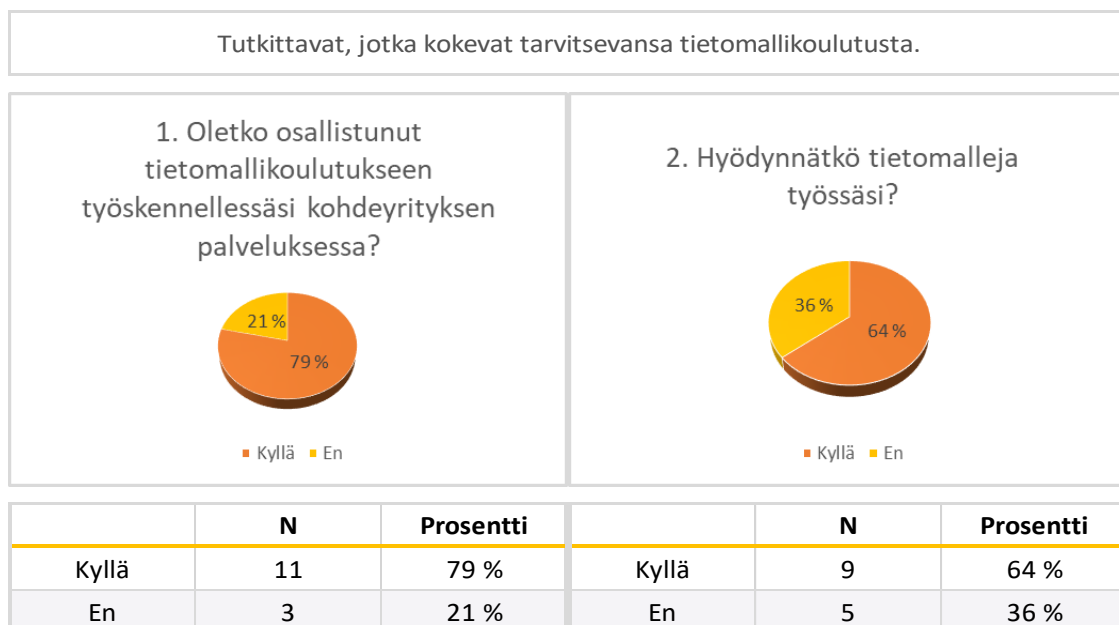
Kyselytutkimuksen lopussa kartoitettiin tutkittavien tarvetta osallistua ensimmäistä kertaa tai uudelleen tietomallikoulutukseen. Kysymykseen numero 6 vastasivat kaikki kyselytutkimukseen osallistuneet eli kysymyksen vastausprosentti oli 100 prosenttia. Vastaajista 70 prosenttia kokee tarvitsevänsä koulutusta tietomalleista. Vastanneista 30 prosenttia ei koe tarvitsevänsä tietomallikoulutusta. Vastausten jakauma on esitetty kuvassa (Kuva 26).



	N	Prosentti
Kyllä	14	70 %
En	6	30 %

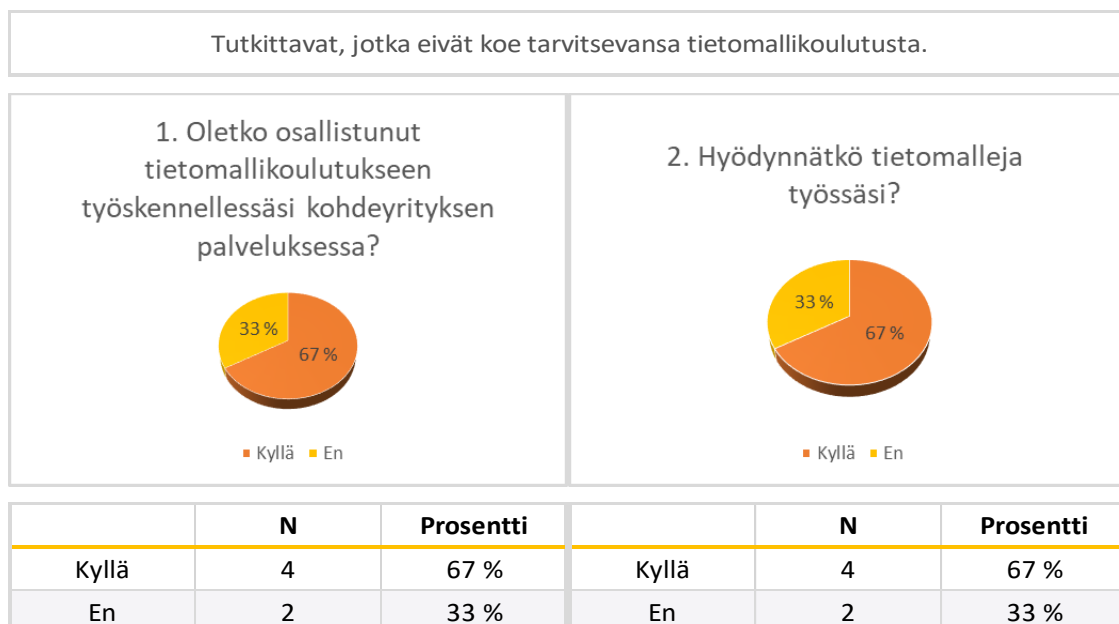
Kuva 26. Kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallikoulutuksen tarve.

Kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallikoulutuksen tarpeen selvittämisen tueksi tutkimuksessa selvitettiin kysymyksen numero 6 ja kysymysten numero 1 ja 2 vastauksien välistä suhdetta. Tällä tavoin pyrittiin selvittämään, ovatko tutkittavat aiemmin osallistuneet tietomallikoulutukseen ja hyödyntävätkö he tällä hetkellä työssään tietomalleja suhteessa siihen, kokevatko tutkittavat tarvitsevansa tietomallikoulutusta. Tutkittavien vastausten jakaumat kysymyksissä 1 ja 2 on esitetty alla olevissa kuvissa (Kuva 27, Kuva 28). Ensimmäisessä kuvassa (Kuva 27) on esitetty niiden tutkittavien vastausten jakaumat, jotka vastasivat ”Kyllä” kysymykseen numero 6 eli jotka kokevat tarvitsevansa tietomallikoulutusta. Jälkimmäisessä kuvassa (Kuva 28) on esitetty vastaavasti niiden tutkittavien vastausten jakaumat, jotka vastasivat ”Ei” kysymykseen numero 6 eli jotka eivät koe tarvitsevansa tietomallikoulutusta.



Kuva 27. Tutkittavien, jotka kokevat tarvitsevansa tietomallikoulutusta, vastauskaumat kysymyksissä 1 ja 2.

Kaikista tutkittavista 70 prosenttia kokee tarvitsevansa tietomallikoulutusta. Heistä 79 prosenttia on aikaisemmin osallistunut tietomallikoulutukseen työskennellessään kohdeyrityksen palveluksessa. 21 prosenttia ei ole aiemmin osallistunut tietomallikoulutukseen. 64 prosenttia koulutusta tarvitsevista hyödyntää tällä hetkellä työtehtävissään tietomalleja ja 36 prosenttia ei hyödynnä tietomalleja työssään ollenkaan.



Kuva 28. Tutkittavien, jotka eivät koe tarvitsevansa tietomallikoulutusta, vastauskaumat kysymyksissä numero 1 ja 2.

Tutkittavista 30 prosenttia ei koe tarvitsevansa tietomallikoulutusta. Heistä 67 prosenttia on aikaisemmin osallistunut tietomallikoulutukseen työskennellessään kohdeyrityksen

palveluksessa. 33 prosenttia ei ole aiemmin osallistunut tietomallikoulutukseen. 67 prosenttia hyödyntää tällä hetkellä työtehtävissään tietomalleja ja 33 prosenttia ei hyödynnä tietomalleja työssään ollenkaan.

Jotta voitaisiin paremmin kohdentaa kohdeyrityksen tulevia tietomallikoulutuksia, esitettiin tutkittaville vielä tarkentava kysymys aiempaan kysymykseen numero 6 liittyen. Jos tutkittavan vastaus kysymykseen numero 6 oli ”Kyllä”, esitettiin jatkokysymyksenä kysymys numero 7 ”Mitä asioita haluaisit oppia?”. Kysymyksen avulla kartoitettiin aihealueita, joista tutkittavat haluaisivat saada koulutusta. Jos tutkittava vastasi ”Ei” kuudenteen kysymykseen, hänelle ei esitetty jatkokysymystä. Jatkokysymys esitettiin 14 vastaajalle, joista kysymykseen vastasi 13. Kysymyksen numero 7 vastausprosentti oli 93 prosenttia ja vastausten jakauma on esitetty taulukossa (Taulukko 11).

Taulukko 11. Kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallikoulutuksen aiheita.

7. Mitä asioita haluaisit oppia?		
Vastaajia: 13	N	Prosentti
Perusasiat ohjelmiston käytöstä	7	54 %
Määrälaskenta	4	31 %
Perusasioita tietomalleista	3	23 %
Kaikkea mahdollista	1	8 %
Mittatyökalun käyttö	1	8 %

Jatkokysymykseen vastanneista 54 prosenttia eli yli puolet kertoi vastauksessaan haluavansa oppia perusasiat tietomalliohjelmiston käytöstä. Tietomallia haluttaisiin osata käyttää niin, että siitä saataisiin oikeasti konkreettista tietoa irti eikä pelkästään liikuttaisi tilasta toiseen. Tietomallia haluttaisiin oppia käyttämään itse, jotta aina ei tarvitsisi pyytää joltain muulta osapuolelta apua. Perusasiat tietomallien käytöstä ovat joutuneet unhoon ja niihin kaivattaisiin kertausta ja käyttövarmuutta. 31 prosenttia eli toiseksi eniten vastauksissa nousi esille määrätiedon kerääminen tietomallista ja määräluetteloiden luominen. Vastaajista 23 prosenttia haluaisi oppia perusasioita itse tietomalleista. Vastaajat haluaisivat yleisesti oppia, mitä tietoa tietomalleista saa tällä hetkellä, miksi niiden käyttö on rajoittunutta, miksi niitä ei hankinnassa hyödynnetä vielä sillä laajuudella kuin olisi mahdollista ja mihin suuntaan tietomallien hyödyntämisessä ollaan menossa tulevaisuudessa. Vastaajat haluaisivat lisäksi oppia tietomallien peruslogiikkaa ja tietoa siitä, mihin tietomallissa voidaan luottaa ja mihin ei eli voidaanko esimerkiksi turvallisesti luottaa tietomallista laskettuihin määriin. Kahdeksan prosenttia vastaajista haluaisi oppia tietomalleista kaiken mahdollisen. Muita vastauksissa esille nousseita asioita oli esimerkiksi tietomallin mittatyökalun käyttö.

Vastauksissa nostettiin esille myös muutamia huolenaiheita. Jotta oikeasti opittaisiin käyttämään tietomalleja, yksi yleispätevä koulutus, jossa näytetään, miten tietomallissa

liikutaan, ei riitä. Koulutuksen jälkeinen itseoppiminen ei ole mahdollista nykyisellä työajankäytöllä. Talotekniikan objektit ovat tietomalleissa olleet pitkään epäluotettavia tai joitakin objekteja ei ole olemassakaan. Suunnitelmiin lisättyjen objektien tulisi aina olla mitoitettuja ja niissä tulisi olla esitettynä tarvittavat tiedot. Lisäksi kohdeyrityksen pitäisi selvittää tarkemmin toimittajien ja urakoitsijoiden valmiuksia tietomallien hyödyntämiseen.

8. POHDINTA

Tietomallintaminen on yksi rakennusalan potentiaalisimmista kehityskohdista. Tietomallintamisen avulla rakennushankkeen tietoja pystytään hallitsemaan kokonaisvaltaisesti digitaalisessa muodossa koko hankkeen elinkaaren ajan. (Eastman et al. 2008.) Tietomallintaminen mahdollistaa paremman rakennushankkeen tiedonhallinnan (Penttilä et al. 2006) ja paremmin integroidun suunnittelu- ja rakentamisprosessin kuin perinteiset suunnitelmat. Tietomallintamisen avulla pystytään tehostamaan suunnittelu- ja rakentamisprosessia parantamalla rakentamisen laatua, pienentämällä rakentamisen kustannuksia ja lyhentämällä rakennushankkeiden läpivientiaikoja. (Eastman et al. 2008.) Tutkimuksen kohdeyrityksessä tehtyjen selvitysten perusteella on voitu todeta, että tietomallin täyttää potentiaalia ei vielä tehokkaasti hyödynnetä kohdeyrityksen hankintatoimessa. Tutkimuksessa selvitettiin tietomallintamisen kehityskohtia, joihin panostamalla kohdeyrityksen hankintatoimessa pystyttäisiin tehokkaammin hyödyntämään tietomalleja tulevaisuudessa. Alla olevaan taulukkoon (Taulukko 12) on koottu haastattelututkimuksen ja kyselytutkimuksen tuloksena saadut tietomallintamisen kehityskohdat. Taulukossa on lisäksi esitetty kuhunkin kehityskohtaan liittyvät hankintaprosessin osapuolet sekä tarkemmat jatkokehitystarpeet.

Taulukko 12. Tietomallintamisen kehityskohdat.

KEHITYSKOHTA	OSAPUOLET	JATKOKEHITYSTARPEET
Henkilöstön tietomalliosaaminen	Aliurakoitsijat, hankinta	Kohdeyrityksen hankintahenkilöstön ja aliurakoitsijoiden tietomalliosaamisen kehittäminen
Tietomallipohjainen määrätieto	Suunnittelijat, suunnittelunohjaus	Määrätiedon luotettavuus ja oikea-aikaisuus
Suunnitteluprosessi ja päätöksenteko	Hankinta, laskenta, suunnittelijat, suunnittelunohjaus, tuotanto	Panostaminen hankkeen alkuvaiheen suunnitteluun ja päätöksentekoon sekä osapuolten sitouttaminen tehtyihin päätöksiin
Tietomalliohjeistus	Hankinta, suunnittelunohjaus	Tietomalliohjeistuksen päivittäminen, hankinnan määrätietovaatimusten kartoittaminen sekä mallintamisen kannattavuuden punnitseminen
Sopimustekniset asiat	-	Tietomallintamisen sisältävän lainsäädännön, sopimusehtojen ja sopimusmallien kehittyminen
Suunnitteluohjelmistot ja tietomallinnus	Suunnittelijat, suunnittelunohjaus	Suunnitteluohjelmistojen sekä mallintamisen puutteiden korjaaminen
Suunnitteluajakataulu	Suunnittelijat, suunnittelunohjaus	Suunnitteluajakataulun kehittäminen
Motivaatio	Aliurakoitsijat, hankinta, laskenta, suunnittelijat, suunnittelunohjaus, tuotanto	Osapuolten motivaatio tietomallinnuksen kehittämiseen ja tietomallien tehokkaampaan hyödyntämiseen
Palaute	Hankinta, laskenta, suunnittelunohjaus, tuotanto	Palautteenantoprosessin kehittäminen ja palautteiden jalkauttaminen

8.1 Henkilöstön motivaatio ja tietomalliosaaminen

Jotta tietomallia voidaan hyödyntää rakennushankkeessa tehokkaasti ja tehostaa suunnittelu- ja rakentamisprosessia odotetulla tavalla, tulee kaikilla rakennushankkeen osapuolilla olla valmiudet toimia hankkeessa tietomallipohjaisesti. Yrityksen henkilöstön tietomalliosaaminen on yksi suurimpia haasteita tietomallien käytön yleistymiselle. (Penttilä et al. 2006.) Haastatteluiden (Haastattelu 4; Haastattelu 13) ja kyselytutkimuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomalliosaamisen taso on yksi syy tietomallien vähäiseen hyödyntämiseen kohdeyrityksen hankintatoimessa. Kyselytutkimukseen vastanneista 75 prosenttia on osallistunut kohdeyrityksen järjestämään tietomallikoulutukseen ja 65 prosenttia vastaajista kertoi hyödyntävänsä tietomalleja työtehtävissään tällä hetkellä. Tietomallien hyödyntämiskohteita ovat esimerkiksi suunnitelmien visuaalinen tarkastelu, määrälaskenta sekä kohteen esittely hankkeen muille osapuolille. Tietomallin hyödyntämisen ongelmakohtiksi vastaajat kokivat puutteellisen tietomalliosaamisen sekä tietomallien luotettavuuden. Tutkimukseen vastanneista 70 prosenttia koki tarvitsevansa koulutusta tietomalleista.

Tutkimustulosten mukaan myös alihankkijoiden tietomalliosaaminen vaikuttaa osaltaan tietomallien hyödyntämisen tasoon kohdeyrityksen hankinnoissa. Jotta hankintaprosessissa ja rakentamisen toteutusvaiheessa pystyttäisiin hyödyntämään tietomallintamisen täysi potentiaali, tulisi hankintahenkilöstön lisäksi myös alihankkijoilla olla valmiudet tietomallien hyödyntämiseen niin tarjouslaskennassa kuin työmaallakin (Haastattelu 10). Alihankkijoiden tietomallien hyödyntäminen on tällä hetkellä vähäistä. Esimerkiksi talotekniikan alihankkijat eivät koe tietomalliosaamisen kehittämistä tai vaadittavan tietomalliohjelmiston ja lisenssin hankkimista toimintansa kannalta kannattavaksi. Urakkalaskennassa alihankkijat hyödyntävät omia urakkalaskentaohjelmistojaan ja massoittelu tapahtuu käsin laskemalla paperisista tai PDF-muotoisista suunnitelmista. (Haastattelu 1; Haastattelu 5; Haastattelu 11.) Tietomallia ei koeta tällä hetkellä urakan valmistumista nopeuttavaksi tekijäksi. Vaadittavan ohjelmiston ja lisenssin hankkimisen lisäksi tietomallien hyödyntäminen vaatisi alihankkijoiden asentajien kouluttamista, jotta asentajat pystyisivät omatoimisesti hyödyntämään tietomallia työmaalla. (Haastattelu 11.) Tarvittavat suunnitelmien tarkastelut työmaalla pystytään tällä hetkellä hoitamaan tilaajan lisenssillä (Haastattelu 1; Haastattelu 5; Haastattelu 11).

Alihankkijoiden näkökulmasta tietomallien hyödyntämistä hankintaprosessissa voitaisiin tehostaa tarjoamalla tarkempaa ja valmiimpaa määrätietoa tilaajan puolesta (Haastattelu 5; Haastattelu 11). Harvalla alihankkijalla on tällä hetkellä valmiudet tietomallien hyödyntämiseen esimerkiksi tarjouslaskennassa, joten tilaajan laatima määräluettelo olisi kannattavin vaihtoehto tietomallipohjaisen määrätiedon hyödyntämiseen hankinnoissa.

Määräluettelon liittäminen tarjouspyyntöön helpottaisi sekä alihankkijoiden että tilaajan työtä, sillä saadut tarjoukset olisivat varmemmin vertailukelpoisia keskenään. Määrälaskenta on tarjouslaskennassa avainasemassa, joten valmis määräluettelo nopeuttaisi tarjousprosessia huomattavasti. (Haastattelu 5.) IFC-muotoisen tietomallin tai siihen pohjautuvien määräluetteloiden lähettäminen alihankkijoille tarjouspyynnön liitteenä on mahdollista (Haastattelu 13). Tietomallien ja tietomallipohjaisten määräluetteloiden käyttöön hankintaprosessissa liittyy kuitenkin vastuukysymyksiä esimerkiksi tietosisällön oikeellisuuteen liittyen. Tästä syystä tietomallia tai siihen pohjautuvaa määräluetteloa voidaan hyödyntää hankinnoissa ainoastaan viitteellisenä asiakirjana. (RT 10-11076 2012.)

Tietomallipohjaisessa rakennushankkeessa voidaan parantaa tuotannon tehokkuutta ja lyhentää hankkeen läpimenoaika panostamalla esivalmistettujen rakennusosien suunnitteluun ja tuotantoon. Tietomalleja voidaan hyödyntää esimerkiksi betonielementtien ja teräsrakenteiden hankinnassa. (Eastman et al. 2008.) Elementtituotannossa osa elementtitoimittajista hyödyntää tietomalleja tuotannossaan esimerkiksi määrälaskennassa ja elementtien suunnittelussa. Elementtivalmistajan tietomallit lisätään projektikeskukseen, josta tilaajan on mahdollista tarkastella elementtien valmistumisstatusta. Projektikeskuksesta on mahdollista nähdä, mitkä elementit ovat menossa tuotantoon, mitkä elementit ovat valmiita tai varastossa ja mitkä elementit on jo toimitettu työmaalle. Tällä tavoin työmaalla pystytään seuraamaan elementtien valmiusastetta ja reagoimaan nopeasti mahdollisiin poikkeamiin tuotannossa. (Haastattelu 7.)

Tietomalleja on mahdollista hyödyntää myös rakennuksen ylläpidossa (Eastman et al. 2008). As build-mallia eli toteumamallia voidaan rakennuksen ylläpitovaiheessa hyödyntää (Eastman et al. 2008) esimerkiksi tilatiedon hallinnassa sekä rakennukseen liittyvien tietojen keskitettyyn ylläpitoon (Penttilä et al. 2006). Tietomallissa voidaan ylläpitää esimerkiksi rakennuksen huoltoon liittyviä tietoja sekä hallita omistus- ja vuokraussuhdetietoja sekä lukittavuustietoja (Penttilä et al. 2006). Tarkoituksena on, että ylläpitovaiheessa tietomallia päivitetään koko kohteen elinkaaren ajan (RT 10-11076 2012) ja tietomallia hyödynnetään esimerkiksi rakennuksen käytönaikaisten muutosten hallinnassa (RT 10-11068 2012). Vaikka kiinteistönhuoltoon tarkoitettuja tietomallisovelluksia onkin jo olemassa (RT 10-11076 2012), tietomallien hyödyntäminen rakennuksen ylläpidossa ei vielä tällä hetkellä toteudu asuntokohteiden ylläpidossa (Haastattelu 6). Asuntokohteissa tietomallien hyödyntäminen rakennuksen ylläpidossa on täysin riippuvainen saatavilla olevien kiinteistönhuoltoyritysten valmiudesta tietomallien hyödyntämiseen. Tällä hetkellä tietomallien hyödyntäminen kiinteistöjen ylläpidossa on ajankohtaista lähinnä toimittarakentamisessa. (Haastattelu 6.)

Tietomallien tehokkaampi hyödyntäminen hankintaprosessissa vaatii sekä kohdeyrityksen hankintahenkilöstön, että alihankkijoiden tietomalliosaamisen kehittymistä. Yksi askel tietomallien tehokkaammassa hyödyntämisessä olisikin niiden alihankkijoiden kartoittaminen, joilla jo tällä hetkellä on valmiudet tietomallien hyödyntämiseen ja täydentämiseen. (Haastattelu 13.) Tietomallintamisen täyden potentiaalin hyödyntäminen tulee olemaan pitkäaikaisen kehitystoiminnan tulos (Penttilä et al. 2006). Kehitystoiminnan taustalla on aina oltava motivaatio ja perustelu sille, miksi asioita halutaan kehittää (Haastattelu 6). Tietomallien tehokkaampi hyödyntäminen hankintaprosessissa vaatii motivaatiota kaikilta hankintaprosessin osapuolilta (Haastattelu 10). Kehitystyön onnistuminen vaatii sekä yrityksen johdon, että henkilöstön sitoutumista yhteisiin tavoitteisiin (Jäväjä & Lehtoviita 2016).

8.2 Tietomallipohjainen määrätieto

Tietomallipohjainen suunnittelu helpottaa eri suunnittelualojen suunnitelmien yhteensovittamista ja suunnitelmien tarkastamista, mikä vähentää suunnitelmien ristiriitoja (Penttilä et al. 2006) ja suunnitteluvirheitä merkittävästi. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa kaikkien suunnitelmien tulisi pohjautua tietomalliin, jolloin välttyään epä johdonmukaisilta suunnitelmilta. Suunnitteluvirheet pystytään tietomallintamisen avulla havaitsemaan ennen tuotannon alkamista ja korjaamaan nopeasti. Tietomallintamisen avulla tiedonkulku eri osapuolten välillä tehostuu mikä osaltaan vähentää virheiden määrää. (Eastman et al. 2008.) Tietomallintaminen helpottaa myös määrälaskentaa. Tietomallipohjainen määrälaskenta on tarkempaa ja tehokkaampaa kuin perinteinen määrälaskenta, olettaen, että tietomalli on virheetön. Tietomallintaminen helpottaa määrätiedon hyödyntämistä päätöksenteossa. Tietomallintaminen vähentää määrälaskijan rutiinityön määrää, mutta tietomallipohjainen määrälaskenta vaatii määrälaskijalta vankempaa ammattitaitoa. Tietomallipohjaisessa määrälaskennassa tärkeintä on tietomallin johdonmukaisuus, virheettömyys ja oikeellisuus. Tietomallista on pystyttävä erottamaan määrälaskennan kanalta epäluotettavat osat. (RT 10-11072 2012.)

Tällä hetkellä pystytään tuottamaan jo paljon tietomallipohjaista määrätietoa, kunhan tietomallinnuksessa noudatetaan annettuja ohjeistuksia (Haastattelu 6). Tietomallipohjaisen määrätiedon luotettavuus ja oikea-aikaisuus ovat avainasemassa määrätiedon hyödyntämisessä. Tietomallintaminen vaatii suunnittelijoilta tarkkuutta (Haastattelu 1; Haastattelu 6; Haastattelu 7; Haastattelu 11; Haastattelu 12). Tietomallien oikeellisuuteen on pystyttävä luottamaan, jotta tietomallipohjaista määrätietoa voidaan hyödyntää määrälaskennassa, hankinnoissa ja tuotannossa (Haastattelu 3; Haastattelu 4; Haastattelu 13). Myös eri suunnittelualojen suunnitelmien törmäystarkastelu edellyttää tietomallien

oikeellisuutta luotettavan lopputuloksen saavuttamiseksi (Haastattelu 6). Määrälaskennassa hyödynnetään tällä hetkellä tietomallia, mutta tietomalli ei vielä toimi määrien pääasiallisena laskentaperusteena. Tietomallipohjaisia määriä verrataan perinteisistä suunnitelmista laskettuihin määriin ja toisin päin. Tietomallipohjaisessa määrälaskennassa tärkeintä on saatavissa olevan määrätiedon hyödyntäminen ja tiedon jatkojalostaminen, sillä kaikkea määrätietoa ei ole mahdollista vielä laskea tietomallipohjaisesti. Kokenut määrälaskija hallitsee perinteisen määrälaskennan, tunnistaa tietomallipohjaisen määrälaskennan kompastuskivet, hallitsee käytettävän ohjelmiston sekä tuntee laskettavan kohteen. (Haastattelu 3.)

Täydellinen tietomalli olisi aina ajan tasalla, käytettävissä oikeaan aikaan sekä sisältäisi kaiken oleellisen ja tarvittavan määrätiedon. Täydellisen tietomallin tuottaminen nykyisillä ohjelmistoilla on täysin mahdollista. Tällä hetkellä tietomalli ei kuitenkaan ole vielä täydellinen, joten tietomallipohjainen määrätieto on aina hyvä tarkistaa. (Haastattelu 3.) Erityisesti nimeämisvirheet aiheuttavat virheitä tietomallipohjaisessa määrälaskennassa (Haastattelu 13). Nimeämisvirheet aiheuttavat ongelmia esimerkiksi elementtituotannossa. Elementtisuunnittelussa on yleisesti käytössä BEC-ohjeet elementtien mallintamista varten, mutta ohjeistuksesta huolimatta elementtien nimeämisessä on eroavaisuuksia. (Haastattelu 7.) Hankintojen kannalta määrätiedon luotettavuuden lisäksi oleellista on tiedon oikea-aikaisuus (Haastattelu 6). Suunnitelmien valmiusasteella voi olla suuri vaikutus hankkeen kustannuksiin. Keskeneräiset, puutteelliset tai huolimattomat suunnitelmat kostaavat hankintavaiheessa. Esimerkiksi konepajakuvien puuttuminen teräshankintojen tarjouspyyntövaiheessa vaikuttaa sekä hankinnan kustannuksiin, että potentiaalisten tarjoajien määrään. (Haastattelu 13.) Tietomallipohjaista määrätietoa ei vielä pidetä tarpeeksi luotettavana, jotta sitä voitaisiin hyödyntää hankintaprosessissa (Haastattelu 4; Haastattelu 13).

8.3 Suunnitteluprosessi ja päätöksenteko

Tietomallipohjainen suunnittelu edellyttää suunnittelun tavoitteiden määrittämistä mahdollisimman aikaisessa hankkeen vaiheessa, sillä suunnittelun painopiste painottuu hankkeen alkuvaiheen (Penttilä et al. 2006) luonnossuunnitteluun (kts. Kuva 15 luvussa 4.2.2 Tietomallintamisen hyödyt suunnittelijoiden näkökulmasta). Perinteisessä suunnittelussa suunnittelutyö taas painottuu yleissuunnitteluvaiheeseen. (Eastman et al. 2008.) Jotta tietomallia pystytään hyödyntämään hankkeessa mahdollisimman tehokkaasti, on lähtötietojen, suunnittelutehtävien ja suunnittelun tarkkuus sovittava hankkeen alkuvaiheessa mahdollisimman yksityiskohtaisesti. Tällä on suuri vaikutus myös rakennushank-

keen kustannuksiin, sillä kustannukset määräytyvät suurilta osin jo hankkeen suunnitteluvaiheessa. (Penttilä et al. 2006.) Tietomallipohjaisen suunnittelun avulla pystytään tukemaan hankkeen osapuolten päätöksentekoa (Penttilä et al. 2006) esimerkiksi vertailemalla erilaisia vaihtoehtoja (Jäväjä & Lehtoviita 2016) sekä suorittamalla erilaisia analyysejä (Eastman et al. 2008).

Tietomallintaminen mahdollistaa päätösten tekemisen aikaisemmassa projektin vaiheessa (CURT 2004). Tilaaja on avainasemassa hankkeen alkuvaiheen päätöksenteossa. Tilaajan on hankkeen alkuvaiheessa määritettävä hankkeen kustannus- ja aikataulutavoitteet sekä tarkistettava, että hanke on mahdollista toteuttaa asetettujen tavoitteiden puitteissa. Erityisesti kustannustavoitteiden tarkastelu on merkittävässä roolissa, sillä kustannuksiin pystytään parhaiten vaikuttamaan hankkeen alkuvaiheessa. (Eastman et al. 2008.) Hankesuunnitteluvaiheessa tasapainotetaan hankkeelle asetetut tavoitteet ja hankkeen lähtötiedot (RT 10-11284 2017). Hankesuunnitteluvaiheen lopputuloksena syntyy hankesuunnitelma (RT 10-11284 2017), jonka tarkoituksena on toimia suunnittelijoiden työn lähtökohtana (Junnonen & Kankainen 2013). Suunnittelunohjauksen tehtävä on varmistaa, että suunnittelutyö johtaa tilaajan asettamiin tavoitteisiin. Toinen suunnittelunohjauksen tehtävistä on sitouttaa hankkeen muut osapuolet suunnitteluprosessissa tehtyihin päätöksiin. Päätösten tekeminen suunnitteluprosessissa on viime kädessä suunnittelunohjauksen vastuulla. (Haastattelu 6.)

Jotta tietomallipohjaisen suunnittelun täysi potentiaali pystyttäisiin hyödyntämään, on suunnitteluprosessissa panostettava enemmän hankkeen alkuvaiheen suunnitteluun sekä sitoutettava kaikki hankkeen osapuolet suunnitteluprosessissa tehtyihin päätöksiin (Haastattelu 6; Haastattelu 8; Haastattelu 9). Päätösten tekeminen on avaintekijä suunnitteluprosessissa. Varsinkin suunnitteluprosessin alkuvaiheessa päätösten tekeminen ja niihin sitoutuminen ovat merkittävässä roolissa suunnitteluprosessin etenemisen kannalta. Merkittäviä suunnitteluprosessin alkuvaiheen päätöksiä ovat esimerkiksi hanke-laskelma ja luonnosten lukitseminen. Hankelaskelma on koko hankkeen kannattavuuden ydin ja onkin siksi koko suunnitteluprosessin haastavin vaihe. Hankelaskelman avulla on pystyttävä toteamaan hankkeen talouden kannattavuus ennen luonnossuunnitelmien lukitsemista. (Haastattelu 6.) Lukittuihin luonnossuunnitelmiin ei tulisi enää tehdä merkittäviä muutoksia, sillä muutokset aiheuttavat suunnittelijoille moninkertaista työtä (Haastattelu 2; Haastattelu 6; Haastattelu 8; Haastattelu 9; Haastattelu 10).

Kaikilla hankkeen osapuolilla tulisi olla mahdollisuus osallistua suunnitteluprosessiin ja vaikuttaa päätöksentekoon, jotta he pystyvät sitoutumaan prosessissa tehtyihin päätöksiin (Haastattelu 9). Erityisesti tuotannon (Haastattelu 4; Haastattelu 6; Haastattelu 9) ja

hankinnan organisaatioiden näkemys tulisi huomioida suunnitteluprosessissa (Haastattelu 13). Tuotanto-organisaatio tuo suunnitteluun käytännön näkemystä suunnitteluratkaisujen toimivuudesta (Haastattelu 4; Haastattelu 6; Haastattelu 9) ja hankinnan organisaatio puolestaan tuo suunnitteluun taloudellista näkökulmaa (Haastattelu 13). Varsinkin tuotanto-organisaation osallistuminen suunnitteluprosessiin on kuitenkin aikataulullisesti haastavaa (Haastattelu 4; Haastattelu 9; Haastattelu 13). Tuotanto-organisaatio kiinnitetään hankkeeseen käytännössä niin myöhäisessä vaiheessa, että suunnitelmat on jo lukittu. Tästä syystä tuotanto-organisaatiolta kerätty palaute suunnitelmista työmaa-aikana ja rakentamisen päätyttyä on erityisen tärkeää (kts. luku 8.8 Palaute). (Haastattelu 4.) Palautteen avulla pystytään suunnittelua tulevaisuudessa kehittämään tuotannon kannalta parempaan suuntaan (Haastattelu 4; Haastattelu 9). Kokenut suunnittelunohjaaja osaa ottaa myöskin tuotannon näkökulman päätöksissään huomioon (Haastattelu 9).

8.4 Tietomalliohjeistus

Tietomallien hyödyntämiseen rakennushankkeessa ei ole olemassa selkeää ohjeistusta, joten yrityksen on itse määriteltävä tietomallien käyttötarkoitus sekä tietomallien tietosisältö (Jäväjä & Lehtoviita 2016). Tietomallipohjainen suunnittelu edellyttää yhteisten tietomallinnuskäytäntöjen sopimista ennen hankkeen aloitusta (Penttilä et al. 2006). Tietomallipohjaisen suunnittelun onnistumisen kannalta tilaajan on määritettävä tietomallintamisen periaatteet ja laajuus joko hankesuunnitelmaan tai esimerkiksi tietomallinnussuunnitelmaan. Tietomallinnussuunnitelmassa esitetään tietomallien käyttötarkoitus, osapuolten tietomallinnustehtävät sekä tietomallien sisältö ja tarkkuustaso. (RT 10-11076 2012.) Tietomallien tietosisältö ja tarkkuustaso vaihtelevat tietomallien käyttötarkoituksen ja rakennushankkeen vaiheiden mukaisesti (kts. luku 3.3 Tietomallintamisen periaatteet) (RT 10-11068 2012). Kohdeyrityksessä tietomallinnussuunnitelmasta käytetään nimitystä tietomalliohjeistus.

Kohdeyrityksen suunnitteluvastuulliset hankkeet toteutetaan tietomallipohjaisesti. Tärkeintä tietomallipohjaisessa hankkeessa on tarkkaan määrittää, mitä tietomallilta halutaan ja mitkä rakentamisen osat on kannattavaa mallintaa (Haastattelu 2; Haastattelu 3; Haastattelu 6; Haastattelu 8; Haastattelu 9). Tietomallivaatimukset kirjataan tietomalliohjeistukseen, joka ohjaa suunnittelijoiden tietomallinnusta. Oleellista tietomalliohjeistuksen laatimisessa on tietomallivaatimusten selkeys. Tietomallivaatimusten tulisi olla yksiselitteisiä, oikeassa paikassa ja oikeassa muodossa, jotta ne pystytään tietomalliohjeistuksesta helposti löytämään. (Haastattelu 6.) Jotta tietomallia pystytään hyödyntämään

mahdollisimman tehokkaasti, on tietomallien oltava keskenään yhteneviä. Sama informaatio tulisi esittää jokaisessa tietomallissa samalla tavalla. Tämä vaatii suunnittelun ohjaamista ja suunnittelijoiden tietomalliohjeistuksen kurinalaista noudattamista. (Haastattelu 3.) Olennaisen tietomallien tietosisällön määrittämiseksi kohdeyhteyksien tulisi kartoittaa hankinnan määrätietovaatimukset eli mitä määrätietoa kunkin hankintanimikkeen hankkimiseen tarvitaan. Tässä tutkimuksessa kartoitettiin hankinnan määrätietovaatimukset kymmenen taloudellisesti merkittävimmän hankintanimikkeen osalta. Määrätietovaatimukset on esitetty taulukossa 5 luvussa 6.4.2 Hankinnan määrätietovaatimukset.

Mallintamisen kannattavuutta määritettäessä on punnittava mallintamiseen kulutettua aikaa ja mallintamisesta saatavaa lisäarvoa. Jos mallintamiseen kuluu suuri määrä työtunteja, mutta siitä saatava hyöty on hyvin pieni, ei mallintaminen ole kannattavaa. (Haastattelu 2; Haastattelu 3; Haastattelu 6; Haastattelu 8; Haastattelu 9) Esimerkiksi raudotus suunnitellaan edelleen perinteisesti, sillä sen mallintaminen kokonaisuudessaan vaatisi paljon työtunteja sekä tekisi tietomallista raskaskäyttöisen (Haastattelu 9). Tietomallipohjaisessa hankkeessa kannattavinta on tuottaa alkuvaiheessa tietomalliin ainoastaan sellaista tietoa, jota voidaan hyödyntää hankkeessa ilman, että tietoa joudutaan myöhemmin tuottamaan uudestaan. Esimerkiksi asuntokohteissa on tietomallivaatimusten laadinnassa hyvä ottaa huomioon asukasmuutoksista aiheutuvat suunnitelmamuutokset. Mallintamisen kannattavuus on myös kohderiippuvaista. Esimerkiksi asuntotuotannossa valaisimien tyypittäminen tietomalliin ei toisi hankkeelle suurta lisähyötyä, sillä asuntokohteissa materiaalien osuus talotekniikan kustannuksista on pieni. Suuremmissa hankkeissa, kuten kauppakeskuksissa, valaisimien tyypittäminen voisi jo tuoda hankkeelle lisäarvoa. (Haastattelu 3.)

8.5 Sopimustekniset asiat

Suomen mittakaavassa tietomallien käytön yleistymistä hidastaa tietomalleja koskevan lainsäädännön puuttuminen. Nykyinen rakentamista säätelevä lainsäädäntö ei tunnista tietomallin, tietomallintamisen tai projektipankin käsitteitä. Tietomallien käytön yleistyminen vaatii sekä lainsäädännön, että yleisten sopimusehtojen ja sopimusmallien kehittämistä. (Silius-Miettinen 2011.) Oikeudellisesta näkökulmasta tietomallintamiseen liittyy erityisesti erilaisia vastuu- ja omistajuuskysymyksiä: kuka omistaa suunnitelmat ja kuka on vastuussa suunnitelmien oikeellisuudesta (Eastman et al. 2008). Tietomallintamisen juridisten haasteiden ratkaiseminen vaatii laajempaa yhteistyötä lainsäätäjien, rakentamisen teknisten kehittäjien ja rakentamisen ammattilaisten kesken (Silius-Miettinen 2011). Viranomaisilla on vetovastuu kehitystyössä: niin kauan kuin viranomaiset vaativat

suunnitelmien perinteisen dokumentaation, ei kehitystyössä päästä eteenpäin (Haastattelu 3). Jotta tietomalleja pystyttäisiin hyödyntämään sekä teknisenä että kaupallisena asiakirjana, tulisi tietomallien olla juridisesti yhtä päteviä kuin perinteisten suunnitelmien. Tietomallin viitteellisyyden vuoksi sitä ei vielä hyödynnetä tarjouspyyntö- tai sopimusasiakirjana. Visuaalista tarkastelua varten tietomalli voidaan lähettää tarjouspyynnön liitteenä, mutta tietomallin käyttötarkoitus on tällöin erikseen mainittava tarjouspyynnössä. (Haastattelu 13.) Samasta syystä tietomalleja ei vielä voida käyttää määrälaskennassa määrien pääasiallisena laskentaperusteena (Haastattelu 3).

Tietomalleja on mahdollista hyödyntää myös suunnitelmien viranomaistarkasteluun ja –arviointeihin. Tietomallista pystytään tarkistamaan esimerkiksi poistumisteiden riittävyys, kulkuväylien leveys ja kulkureittien pituus tarkistusohjelmalla. (Penttilä et al. 2006.) Tietomallien avulla pystytään myös automatisoimaan rakennusvalvonnan tiedonkeruuta, jos mallintamisessa on noudatettu Yleisiä tietomallivaatimuksia (YTV 2012) (RT 10-11079 2014). Yhä useampi rakennuskohde suunnitellaan tietomallipohjaisesti, mutta lupakäsittelyä varten tarvitaan edelleen perinteiset kaksiulotteiset suunnitelmat. Nykyinen menettely aiheuttaa ylimääräistä työtä niin suunnittelijoille, kuin rakennusvalvonnan viranomaisille. Tietomallipohjaisen rakennuslupaprosessin tavoitteena olisi tehdä lupaprosessista yhdenmukaisempi, nopeampi ja laadukkaampi. Tietomallipohjaisen rakennusluvan hakemista asuinkerrostalohankkeessa on testattu KIRA-digin kokeiluhankkeena vuonna 2017. Kokeiluhankkeessa testattiin tietomallipohjaisen rakennuslupaprosessin eri vaiheissa hyödynnettäviä työkaluja ja prosessin kulkua kolmessa kerrostalohankkeessa kolmessa eri kunnassa. Hankkeeseen osallistuivat Vantaan, Järvenpään ja Hyvinkään kunnat. Kokeiluhankkeen tuloksena osallistujakunnilla on paremmat valmiudet tietomallipohjaisen rakennuslupaprosessin jatkamiseen. Kokeilun avulla pystyttiin tunnistamaan prosessin eri osapuolten tarpeet sekä jatkokehitystarpeet. Osallistujakunnat jatkavat yhteistyötä tietomallipohjaisen rakennuslupakäsittelyn ja rakennusvalvonnan kehittämiseksi ohjelmistotoimistojen ja muiden kuntien kanssa. (KIRA-digi 2017.)

8.6 Suunnitteluohjelmistot ja tietomallinnus

Tietomallintamisen myötä suunnitelmien muunneltavuus paranee. Periaatteessa suunnitelmamuutokset kirjataan vain yhteen paikkaan ja parhaimmassa tapauksessa muutokset päivittyvät automaattisesti muihin dokumentteihin (Penttilä et al. 2006). Tietomallin päivittämistiheys sovitaan projektikohtaisesti. Suunnittelukokouksien yhteydessä sovitaan päivämäärä, johon mennessä jokainen suunnitteluala päivittää omat suunnitelmansa. (Haastattelu 2.) Asukasmuutosten päivittäminen suunnitelmiin vaihtelee suunnitelmien

nittelualoittain. Arkkitehtisuunnittelussa asukasmuutosten päivittäminen riippuu suunnitelmamuutoksen laadusta. Pienempiä muutoksia ei päivitetä sen hetkisiin suunnitelmiin, vaan muutokset piirretään kuviin työmaalla. Pienemmät muutokset päivitetään vasta toteutussuunnitelmiin. Isommat muutokset päivitetään suunnitelmiin heti. (Haastattelu 8.) Asukasmuutokset harvoin vaikuttavat kantaviin rakenteisiin, joten rakennesuunnitelmiin niitä harvoin päivitetään. Jos kantaviin rakenteisiin tulee muutoksia, ne mitoitetaan ja päivitetään suunnitelmiin. Elementteihin vaikuttavat muutokset, esimerkiksi pistorasia-muutokset, päivitetään suoraan elementtikuviin. (Haastattelu 9.) Talotekniikkasuunnittelussa asukasmuutosten mallintaminen on tarkempaa, sillä muutokset on yleensä mitoitettava. Kaikki muutokset päivitetään suunnitelmiin. (Haastattelu 10.) Jotta tietomallia voidaan hyödyntää hankintaprosessissa tehokkaasti, pitäisi tietomallin päivittyä reaaliaikaisesti: asukas- ja suunnitelmamuutokset päivitetään sekä perinteisiin suunnitelmiin, että tietomalliin. (Haastattelu 1; Haastattelu 6; Haastattelu 13.)

Tietomallien laatu vaikuttaa osaltaan tietomallien hyödyntämiseen Vuoden 2018 aikana tietomallin laatu kiinnitettiin kohdeyrityksen suunnittelusopimuksiin ja tietomallinnusprosessiin, mikä tulee jatkossa parantamaan tietomallien laatua. Myös puutteet mallintamisessa rajoittavat tietomallien hyödyntämistä. Edelleen on olemassa perinteisin keinoin toteutettuja suunnitelmia, vaikkakin kaksiulotteisten suunnitelmien pitäisi tällä hetkellä pohjautua tietomalliin. Esimerkiksi raudoituskuvat piirretään edelleen kaksiulotteisesti. (Haastattelu 3). Lisäksi on olemassa nimikkeitä, joita ei tällä hetkellä mallinneta ollenkaan. Sähkösuunnitelmiin ei mallinneta johtoja tai sellaisia rakennusosia, joiden tarkkaa sijaintia ei tiedetä. Tällaiset rakennusosat aiheuttavat suunnitelmien yhteensovittamisessa turhaa törmäilyä muiden rakennusosien kanssa. (Haastattelu 2.) Arkkitehtisuunnitelmiin ei mallinneta erilaisia listoja eikä kylpyhuoneiden kaatolattioita. Kaatolattioita ei mallinneta, sillä kaatolattioiden mallintaminen sekoittaa suunnitteluohjelmassa kylpyhuoneen lattian laatoituskuvion. (Haastattelu 8.) Rakennesuunnitelmissa raudoitukset mallinnetaan ainoastaan leikkauskuviin. Suunnitteluohjelmasta löytyy valmiudet raudoituksen mallintamiseen kokonaisuudessaan, mutta mallintaminen veisi paljon aikaa ja tekisi tietomallista raskaskäyttöisen. (Haastattelu 9.)

LVIA-suunnitelmiin ei mallinneta asuntojen viemärikaatoja, pesualtaita, pesualtaiden viemäreitä sekä putkisto- ja kanavakannakkeita. Asuntojen viemärikaadot mallinnetaan suorina, sillä lyhyiden kaatojen mallintaminen ei ole mahdollista nykyisellä suunnitteluohjelmalla. Isot viemärit ja rungot mallinnetaan kaadolla. Pesualtaiden viemäröintiä sekä putkisto- ja kanavakannakkeita ei mallinneta, sillä niihin ei löydy suunnitteluohjelmasta valmista objektia. (Haastattelu 10.) Pohjarakenteita ei kohdeyrityksen asuntokohteissa tällä hetkellä mallinneta, sillä kohdeyrityksen talonrakennuspuolella ei vielä ole olemassa

yhtenäistä mallinnusohjetta pohjarakenteiden mallintamiseen. Vielä ei ole myöskään olemassa sellaista ohjelmistoa, jota voitaisiin hyödyntää esimerkiksi maanrakennuksen määrälaskennassa. Tällä hetkellä on olemassa ainoastaan infrarakentamiseen tarkoitettuja ohjelmistoja. Infran ohjelmistot eivät tuota kunnollisia IFC-malleja, suunnitteluohjelmistot ovat liian raskaita ja ohjelmistojen käytön opastaminen on todella työlästä. Joissakin suuremmissa kohteissa arkkitehti mallintaa kohteen nykyisen maanpinnan. Maanpinnan mallintaminen on kuitenkin haasteellista, sillä maanpintaa ei saada ohjelmistoista siirrettyä kunnolla IFC-malliin. Lisäksi on erikseen sovittava, kenen vastuulla maanpinnan mallintaminen on. (Haastattelu 3.)

Puutteita esiintyy myös käytössä olevissa suunnitteluohjelmistoissa. Projektin toteutusaika on pitkä, joten ohjelmistot päivittyvät projektin aikana useaan kertaan, mikä tekee tietomallin ylläpitämisestä työlästä. (Haastattelu 8.) Suunnitteluohjelmista ei löydy valmiita objekteja kaikista rakennusosista. Esimerkiksi talotekniikkasuunnittelussa joudutaan jättämään joitakin rakennusosia mallintamatta tai ne mallintamaan itse. Itse mallinnetut objektit eivät hyödytä määrälaskentaa, sillä itse mallinnetut objektit eivät sisällä tietoa. Tietojen syöttäminen objekteihin manuaalisesti on käytännössä mahdollista, mutta työtuntien käyttäminen tietojen manuaaliseen lisäämiseen ei välttämättä ole kannattavaa siitä saatavaan lisäarvoon nähden. Talotekniikan suunnitteluohjelmistot eivät myöskään tue usean objektin siirtämistä samanaikaisesti, vaan jokainen objekti on siirrettävä yksitellen uuteen paikkaan. (Haastattelu 2; Haastattelu 10.) Talotekniikan osalta ongelmia aiheutuu myös piirrosmerkkien mittakaavasta. Piirrosmerkit saattavat olla nelinkertaisia todelliseen kokoonsa verrattuna, mikä saattaa aiheuttaa törmäyksiä muiden rakennusosien kanssa. Tämän vuoksi saatetaan joutua tekemään niin sanottuja valekorjauksia, jotta törmäystarkastelu saadaan toimimaan. (Haastattelu 2.) Myös tietomallin tarkasteluun käytettävässä Solibri Model Checker-ohjelmassa on puutteita. Ohjelmalla tehtävä mallintarkastus ei esimerkiksi huomioi ovien kätisyyksiä. Mallintarkastus ei myöskään tunnista, jos esimerkiksi patteri estää ikkunan aukeamisen. (Haastattelu 8.)

8.7 Suunnitteluaikeat

Tietomallipohjainen suunnittelu mahdollistaa useiden suunnittelualojen työskentelyn samanaikaisesti. Tämä lyhentää suunnitteluaikeaa. (Eastman et al. 2008.) Sen lisäksi, että kokonaissuunnitteluaikeaa tehostuu suunnittelun yhtä aikaistumisen myötä, suunnittelussa on otettu huomioon tiedontarvitsijoiden tietosisältövaatimukset, mikä osaltaan tehostaa suunnittelua (Penttilä et al. 2006). Tietomallinnus vaikuttaa myös suunnittelijoiden työn painottumiseen suunnitteluprosessissa. Perinteisessä suunnitteluprosessissa suunnitte-

lijoiden työpanos painottuu yleissuunnitteluvaiheeseen. Tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa suunnittelijoiden työpanos painottuu enemmän hankkeen alkuvaiheeseen, sillä tietomallipohjainen suunnittelu vähentää yleissuunnitelmien tuottamiseen tarvittavaa aikaa. (Eastman et al. 2008.)

Suunnittelun valmisteluvaiheessa valitaan suunnittelijat ja laaditaan suunnittelun aikataulu (RT 10-11076 2012). Suunnitteluajatauluun merkitään tietomallien laadunvarmistuspisteet, joissa tietomallien laatua tarkastellaan kattavammin. Suunnitelmien yhteensovittamista suoritetaan jatkuvasti suunnittelutyön edetessä suunnittelijoiden toimesta. Tietomallien laadunvarmistuspisteet edeltävät yleensä tilaajan tekemiä päätöksiä. Tietomallipohjainen suunnittelu eroaa perinteisestä suunnitteluprosessista. Tietomallipohjaisen suunnittelun aikataulutukselle ei ole olemassa vakiintunutta käytäntöä. Tietomallipohjaista suunnittelua rytmittävät tietomallien yhteensovittamiseen ja laadunvarmistamiseen vaaditut ajanjaksot. Suunnitteluajataulun laatimisessa on otettava lisäksi huomioon tilaajan päätöksentekopisteet sekä tietomallien tietosisällön riittävyys ja toimituksen oikea-aikaisuus näitä pisteitä varten. Suunnitteluajataulun laatii pääsuunnittelija yhdessä muiden suunnittelijoiden kanssa. Suunnitteluajataulun hyväksyy tilaaja. Kuvassa 12 (kts. luku 3.4.3 Suunnittelu) on esitetty esimerkki tietomallis suunnittelun aikataulusta, jossa on huomioitu tietomallin laadunvarmistustoimenpiteet ja tilaajan päätöksentekopisteet. (RT 10-11076 2012.) Oikein mitoitettu suunnittelun aikataulu on keskeinen suunnittelunohjauksen työkalu (Koskenvesa & Sahlstedt 2017).

Kohdeyrityksessä jokaiselle hankkeelle luodaan projektiaikataulu, joka pohjautuu kohdeyrityksen asuntoprojektikehityksen referenssiaikatauluun. Projektiaikatauluun on sisällytetty sekä alkupään hanke- ja luonnossuunnittelu, että tietomallinnusprosessin aikataulu. Luonnossuunnitelmien lukitsemisen jälkeen suunnittelu on tiukemmin aikataulutettu. Tämä vaihe vastaa perinteistä suunnitteluajataulua ja sisältyy myös projektiaikatauluun. Kohdeyrityksen asuntoprojektikehityksen referenssiaikataulu pohjautuu mallintavaan suunnitteluun. Kaikki juridiset sopimukset, rakennusluvut, urakkakyselyt ja muut perustuvat kuitenkin edelleen paperisiin suunnitelmiin. Paperikuvien tuottaminen on muistettava ottaa suunnittelun aikataulutuksessa huomioon. (Haastattelu 6.) Suunnitteluajataulu laaditaan yhteistyössä suunnittelunohjauksen ja suunnittelijoiden kesken. Pääasia suunnittelun aikatauluttamisessa on sopia suunnittelun pääkohdat eli milloin jokin asia tulee olla suunniteltuna. Tärkein tekijä suunnittelun aikatauluttamisessa on osapuolten sitoutuminen yhteisesti sovittuun aikatauluun. Suunnitteluun on myös varattava riittävästi aikaa suunniteltavan kohteen vaikeustasoon ja laajuuteen nähden. (Haastattelu 2; Haastattelu 8; Haastattelu 9.)

Jotta tietomallia voitaisiin hyödyntää kohdeyrityksen hankinnoissa mahdollisimman tehokkaasti, on suunnittelun aikataulutukseen kiinnitettävä erityistä huomiota (Haastattelu 2), sillä suunnitteluajakaulu ohjaa hankintaorganisaation hankintasuunnitelmaa (Haastattelu 8). Aikataulun realistisuus on suurin aikataulun pitämiseen vaikuttava tekijä. Aikataulussa pysyminen vaatii huolellista resurssien hallintaa niin suunnittelijoiden kuin kohdeyrityksen osalta. (Haastattelu 6.) Muita suunnitteluajakauluun vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi suunnitteluryhmän yhteistyökyky, suunnitelmamuutosten määrä, päätösten tekeminen sekä kohdeyrityksen sisäiset prosessit (Haastattelu 2; Haastattelu 6; Haastattelu 8; Haastattelu 9). Suunnitteluryhmän kommunikaation on toimittava, jotta suunnittelutyö voi edetä joutuisasti. Päätösten tekeminen on aikataulun kannalta erityisen tärkeää sekä tehdyissä päätöksissä pysyminen. (Haastattelu 8.) Hankesuunnitelma toimii suunnittelijoiden työn lähtökohtana (Junnonen & Kankainen 2013). Huolellisesti tehdyllä hankesuunnitelmalla pystytään välttämään turhilta suunnitelmamuutoksilta (Haastattelu 8). Yrityksen sisäisten prosessien vuoksi suunnittelun aikatauluttaminen on välttämätöntä. Suunnitteluprosessin myöhästymisen aiheuttaa ketjureaktiona kohdeyrityksen sisäisten prosessien sekä mahdollisesti myös ulkoisten prosessien myöhästymisen.

8.8 Palaute

Tuotanto-organisaation osallistuminen hankkeen suunnitteluprosessiin on epärealistista, sillä tuotanto-organisaatio kiinnitetään hankkeeseen vasta suunnitteluprosessin loppupäässä ennen rakentamisen alkamista. Tuotannon pitäisi osallistua suunnitteluprosessiin jo 1-1,5 vuotta ennen rakentamisen varsinaista alkamista, jotta isoihin suunnittelulinjoihin pystyttäisiin vielä vaikuttamaan. Tähän eivät tuotannon resurssit kuitenkaan riitä. Tästä syystä työmaalta kerättävä palaute hankkeen määrälaskentaan ja suunnitelmiin liittyen ovat merkittävässä roolissa suunnittelun kehittämisessä. Palautteen tarkoituksena on ehkäistä suunnitteluvirheiden toistuminen seuraavissa hankkeissa. Palautteen antamisesta pitäisi työmaalla tehdä mahdollisimman yksinkertaista, jotta palautetta saataisiin kerättyä mahdollisimman paljon. Lisäksi on huolehdittava tiedon kulkeutumisesta myös hankkeen muille osapuolille. Tällä hetkellä palautteen antaminen työmaalla tuntuu olevan haasteellista ja tieto ei kulkeudu suunnittelijoille asti. (Haastattelu 4.) Suunnittelijoiden näkökulmasta työmaalta saatu suunnittelupalaute on kullan arvoista, sillä suunnitelmien toteutettavuuteen liittyvät ongelmat ilmenevät yleensä vasta rakennusvaiheessa. Palautteen avulla pystytään jatkossa välttämään vastaavanlaiset virheet ja kehittämään käytännön kannalta parempia suunnitteluratkaisuja. (Haastattelu 9.)

Tuotanto-organisaation vähäisten vaikutusmahdollisuuksien vuoksi suunnittelupalautteen antaminen rakentamisen aikana ja sen jälkeen on erityisen tärkeää. Kohdeyrityksen

hankkeissa onkin ollut käytössä suunnittelunohjauksen palauteryhmä. Palauteryhmä koostuu hankkeen aikana pidettävistä kahdesta palauteryhmän palaverista, joihin osallistuvat hankkeen suunnittelunohjaus, tuotanto-organisaatio ja työmaan työntekijät. Palavereissa kerätyt palautteet kirjataan ylös ja palautteet jäävät suunnittelunohjauksen käyttöön. Palauteryhmään sisältyy myös hankkeen loppuraportointitilaisuus, johon osallistuvat myös laskennan ja hankinnan organisaatiot. Tilaisuudesta koostetaan loppuraportti, jonka avulla dokumentoidaan hankkeesta saatu kustannus- ja suunnittelutieto. Suunnittelunohjauksen palauteryhmä on tällä hetkellä tuotanto-organisaation potentiaalisin mahdollisuus vaikuttaa hankkeiden suunnitteluun. Valitettavasti palauteryhmän toteutus on kohdeyrityksen hankkeissa jäänyt vähäiseksi. (Haastattelu 4.)

9. JOHTOPÄÄTÖKSET

9.1 Tutkimuksen kritiikki

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten tietomallia voitaisiin tehokkaammin hyödyntää kohdeyrityksen hankintaprosessissa ja miten tietomallia tulisi kehittää, jotta se palvelisi hankintaprosessia paremmin. Tutkimuksen lopputuloksena saatiin selvitys tietomallien hyödyntämisestä kohdeyrityksen hankintatoimessa tällä hetkellä, tietomallintamisen kehityskohdat sekä kohdeyrityksen hankintatoimen tietomalleille asettamat määrätietovaatimukset. Panostamalla tutkimuksessa esille tulleeisiin tietomallintamisen kehityskohtiin voidaan tehostaa tietomallien hyödyntämistä kohdeyrityksen hankintatoimessa. Lisäksi tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten tietomallien tehokkaampaan hyödyntämiseen ja tietomallien kehittämiseen liittyvät toimenpiteet vaikuttavat hankintaprosessin eri osapuoliin. Tutkimus rajattiin käsittelemään kohdeyrityksen omaperusteista asuntotuotantoa eli perustajaurakointia, sillä perustajaurakoinnissa rakennusliikkeellä on parhaat mahdollisuudet vaikuttaa hankkeen tietomallintamiseen, kun suunnitteluvastuu on rakennusliikkeellä. Lisäksi tutkimus rajattiin käsittelemään kohdeyrityksen operatiivisen eli projektikohtaisen hankinnan prosessia, sillä tutkija koki operatiivisen hankinnan prosessin soveltuvan parhaiten tapaustutkimuksen kontekstiin. Hankintanimikkeiden osalta tutkimus rajattiin käsittelemään kohdeyrityksen hankinnassa tunnistettuja kymmentä taloudellisesti merkittävintä hankintanimikettä näiden taloudellisen merkittävyyden vuoksi. Tutkimuksessa ei käsitelty tietomallien tai tietomalliohjelmistojen kehittämistä tietoteknisestä näkökulmasta, sillä tutkija ei kokenut tietoteknistä näkökulmaa tutkimuksen kannalta tarpeelliseksi.

Tutkimusstrategiana tutkimuksessa käytettiin tapaustutkimusta. Tutkimuksessa käsiteltiin tarkemmin yhtä case-projektia, joka on esitelty luvussa 5.2.2 Case-projekti ja tietomallintaminen kohdeyrityksessä. Tapaustutkimuksen tarkoituksena on kerätä yksityiskohtaista ja intensiivistä tietoa yksittäisestä tapauksesta (Hirsjärvi et al. 2018). Tapaustutkimuksessa tyypillisesti kerätään tietoa useita tiedonkeruumenetelmiä käyttämällä (Hirsjärvi et al. 2018). Tapaustutkimus valikoitui tutkimusstrategiaksi tutkimuskysymysten muotoilun perusteella. Mahdollisimman luotettavan tutkimustuloksen saavuttamiseksi tutkimuksessa hyödynnettiin useita eri tutkimusmenetelmiä. Käytettyjä tutkimusmenetelmiä olivat kirjallisuustutkimus, haastattelututkimus ja kyselytutkimus. Kirjallisuustutkimuksen tavoitteena oli koota tutkimuksen teoria eli tutkimuksen kannalta olennainen aiempi tieto. Osa kirjallisuustutkimuksen lähteistä oli englanninkielisiä, joten lähteiden

hyödyntäminen vaati alkuperäisen tekstin kääntämistä suomeksi. Lähteiden kääntäminen suomenkielelle lisäsi kirjallisuustutkimuksen vaativuutta sekä hidasti hieman tutkimuksen etenemistä. Kirjallisuustutkimuksen lähteinä käytettiin tutkimuksen aihetta käsittelevää kirjallisuutta, tieteellisiä julkaisuja, opinnäytetöitä sekä erilaisia rakennusalan ohjeita ja vaatimuksia. Kirjallisuustutkimuksen luotettavuutta puoltavat tutkimuksen laajuus, lähteiden alkuperäisyys sekä lähteiden tuore ikä. Tutkimus toteutettiin hieman perinteisestä järjestyksestä poiketen, sillä haastattelututkimus ja kyselytutkimus toteutettiin ennen kirjallisuustutkimusta. Tutkimuksen toteutusjärjestyksellä ei ollut vaikutusta tutkimuksen tuloksiin, sillä kirjallisuustutkimuksen tuloksena ei noussut esille tutkijalle uusia näkökulmia. Tällainen toteutusjärjestely oli mahdollinen, sillä aihe oli tutkijalle ja tutkittaville entuudestaan tuttu.

Haastattelututkimus on kvalitatiivisessa tutkimuksessa päätutkimusmenetelmä (Hirsjärvi et al. 2018). Haastattelututkimuksen avulla selvitettiin tietomallintamisen kehityskohtia. Haastattelut toteutettiin yksilö- tai ryhmähaastatteluina haastateltavasta ja haastateltavien määrästä riippuen. Haastattelut toteutettiin teemahaastatteluina. Tutkija koki teemahaastattelun tutkimuksen kannalta otollisimmaksi haastattelulajiksi, sillä teemahaastattelun keinoin pystyttiin parhaiten taltioimaan ja hyödyntämään eri osapuolten kokemusperäinen tieto ja osaaminen. Teemahaastattelu on haastattelulajina strukturoitua kysymysrunkoa avoimempi, joten sen avulla saatiin varmemmin haastatteluissa esiin yksilöiden omia mielipiteitä ja näkemyksiä. Teemahaastattelu mahdollisti lisäksi tarkentavien kysymysten esittämisen haastattelun aikana. Haastatteluiden pituudet vaihtelivat 13 minuutista kahteen tuntiin haastateltavien määrästä, teemojen määrästä ja haastateltavien puheliaisuudesta riippuen. Haastateltavan puheliaisuus korostui erityisesti yksilöhaastatteluissa. Haastattelututkimuksen tuloksiin vaikutti myös haastateltavien osapuolten valinta. Haastattelututkimuksessa haastateltiin kaikkia hankintaprosessin osapuolia: alihankkijat, suunnittelijat, suunnittelunohjaus, hankinta, laskenta ja tuotanto. Kaikki haastatellut osapuolet työskentelivät case-projektin parissa.

Kyselytutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa kohdeyrityksen hankintahenkilöstön tietomallien hyödyntämisen nykytilanne sekä henkilöstön tietomallikoulutuksen tarve. Samalla kyselytutkimuksessa kerättiin tutkimuksen aiheeseen liittyvää kokemusperäistä tietoa. Kyselytutkimus valikoitui tutkimusmenetelmäksi, sillä tutkija koki kyselytutkimuksen soveltuvan parhaiten henkilöstön koulutustarpeen selvittämiseen. Selvitys tehtiin valtakunnallisesti kohdeyrityksen koko hankintahenkilöstölle, jolloin tutkijalla ei ollut mahdollisuutta kerätä aineistoa tutkittavilta kasvotusten. Lisäksi tutkittavien määrä oli suhteellisen suuri, jolloin esimerkiksi haastattelututkimus olisi ollut todella työläs toteuttaa. Kysymykset olivat kaikille tutkittaville samat, mikä myöskin puolsi kyselytutkimuksen

käyttöä. Kyselytutkimus toteutettiin sähköisenä verkkokyselynä. Kyselylomake toteutettiin puolistrukturoituna: kysymykset olivat monivalintakysymyksiä, joiden pohjalta tutkitaville esitettiin tarkentavia avoimia kysymyksiä. Tällä tavoin pyrittiin selvittämään juuri-syitä tutkittavien vastausten taustalla. Vastausaikaa tutkittaville annettiin kaksi viikkoa. Tutkimuksen vastausprosentti oli 38 prosenttia. Alhainen vastausprosentti johtui luultavasti kyselytutkimuksen toteutuksen ajankohdasta, sillä kyselytutkimus toteutettiin kiireiseen aikaan juuri ennen joulua. Vastausaikana tutkittaville lähetettiin yksi muistutusviesti, mikä hieman paransi vastausprosenttia.

Kyselytutkimuksen alhaisesta vastausprosentista huolimatta tutkimuksessa saavutettiin sille asetetut tavoitteet ja löydettiin vastaukset tutkimuskysymyksiin. Haastattelututkimuksen avulla saatiin kerättyä kattava aineisto liittyen tietomallien hyödyntämiseen kohdeyrityksen hankintaprosessissa sekä tietomallintamisen kehittämiseen. Haastattelututkimuksessa käsiteltiin tutkimuksen aihetta jokaisen hankintaprosessin osapuolen näkökulmasta, mikä mahdollistaa tietomallintamisen nykytilan ja kehitystarpeiden kokonaisvaltaisen hahmottamisen. Tutkimuksen teoria ja empiria tukevat toisiaan, mikä osaltaan puoltaa tutkimustulosten luotettavuutta ja tutkimuksen onnistumista.

9.2 Tutkimuskysymyksiin vastaaminen

Tutkimuksessa pyrittiin löytämään vastaukset seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Miten tietomalleja voitaisiin tehokkaammin hyödyntää hankintaprosessissa?
- Miten tietomallintamista tulisi kehittää, jotta se palvelisi hankintaa paremmin hankintaprosessin eri vaiheissa?
- Mitä tietomallien tehokkaampi hyödyntäminen vaatii hankintaprosessin eri osapuolilta?

Tutkimuksessa saatiin selville yhdeksän tietomallintamisen kehityskohtaa, joihin panostamalla kohdeyritys pystyy kehittämään tietomalleja paremmin hankintoja palvelemaan suuntaan sekä kohdeyrityksen hankintatoimessa pystytään hyödyntämään tietomalleja tulevaisuudessa tehokkaammin. Tietomallintamisen kehityskohtia ovat henkilöstön tietomalliosaaminen, tietomallipohjainen määrätieto, suunnitteluprosessi ja päätöksenteko, tietomalliohjeistus, sopimustekniset asiat, suunnitteluohjelmistot ja tietomallinnus, suunnitteluajataulu, osapuolten motivaatio sekä palautteen antaminen. Tutkimuksessa korotettiin lisäksi jokaisen kehityskohdan jatkokehitystarpeet sekä hankintaprosessin osapuolet, joita kehitystarpeet koskevat. Tietomallintamisen kehityskohdat, jatkokehitystarpeet ja näihin liittyvät hankintaprosessin osapuolet on esitetty taulukossa 12 luvussa 8. Pohdinta.

Jotta tietomalleja pystyttäisiin tehokkaammin hyödyntämään kohdeyrityksen operatiivisen hankinnan prosessissa, tulisi kehittää sekä kohdeyrityksen hankintahenkilöstön, että alihankkijoiden tietomalliosaamista. Yksi suurimmista syistä tietomallien vähäiseen hyödyntämiseen hankinnoissa tällä hetkellä on henkilöstön valmiudet tietomallien hyödyntämiseen. Jotta tietomallintamisen täysi potentiaali voidaan hankintaprosessissa hyödyntää tulisi kaikilla prosessin osapuolilla olla valmiudet tietomallipohjaiseen toimintaan. Hankintahenkilöstön tietomalliosaamista pystytään kehittämään tietomallikoulutusten avulla, kun taas alihankkijoiden tietomalliosaamisen kehittämistä voidaan edesauttaa esimerkiksi sisällyttämällä tietomallien hyödyntäminen hankinta- ja urakkasopimuksiin. Toinen suuri syy tietomallien vähäiseen hyödyntämiseen on tietomallipohjaisen määrätiedon luotettavuus. Hankintojen kannalta olennaisinta on lisäksi määrätiedon oikea-aikaisuus. Jotta tietomallipohjaista määrätietoa pystytään hyödyntämään hankinnoissa, tulisi tietomallin olla oikeellinen, ajan tasalla ja käytettävissä sekä sisältää hankintojen kannalta oleellinen määrätieto. Tiedon oikea-aikaisuuteen pystytään vaikuttamaan panostamalla suunnittelun aikataulutukseen.

Tiedon oikea-aikaisuuteen pystytään vaikuttamaan panostamalla suunnittelun aikataulutuksen lisäksi suunnitteluprosessiin ja päätöksentekoon. Panostamalla hankkeen alkuvaiheen suunnitteluun ja päätöksentekoon pystytään suunnitteluprosessia tehostamaan ja luomaan edellytykset suunnitelmien aikataulun mukaiselle valmistumiselle. Hanke-suunnitelma toimii suunnittelutyön lähtökohtana, joten sen laadinnalla on suuri vaikutus suunnittelutyön onnistumiseen. Suunnitteluprosessin tehostaminen edellyttää myös kaikkien hankkeen osapuolten sitoutumista prosessissa tehtyihin päätöksiin. Jotta osapuolet pystyvät sitoutumaan tehtyihin päätöksiin, osapuolille on annettava mahdollisuus osallistua suunnitteluprosessiin ja päätöksentekoon. Tuotanto-organisaation osallistuminen suunnitteluprosessiin on kuitenkin resurssien kannalta haasteellista. Tuotannon osalta tulisi panostaa rakentamisen aikaisen ja rakentamisen jälkeisen palautteen keräämiseen esimerkiksi suunnittelunohjauksen palauteryhmän muodossa.

Jotta tietomalli palvelisi hankintaprosessia mahdollisimman tehokkaasti, tulisi tietomallien olla keskenään yhteneviä. Tämä edellyttää tarkkuutta sekä suunnittelijoilta että suunnittelunohjaukselta sekä suunnittelijoiden kurinalaista tietomalliohjeistuksen noudattamista. Jotta tietomalleista pystytään tuottamaan hankintojen kannalta oleellinen määrätieto, tulisi kohdeyrityksessä kartoittaa hankintojen määrätietovaatimukset sekä näiden pohjalta eri rakennusosien mallintamisen kannattavuus. Tässä tutkimuksessa kartoitettiin hankinnan määrätietovaatimukset kymmenen taloudellisesti merkittävimmän hankintanimikkeen osalta. Määrätietovaatimukset on esitetty taulukossa 5 luvussa 6.4.2 Hankinnan määrätietovaatimukset. Hankintojen määrätietovaatimusten pohjalta tulisi

päivittää kohdeyrityksen tietomalliohjeistus. Tietomalliohjeistuksessa oleellisinta on tietomallivaatimusten selkeys. Vaatimusten tulisi olla yksiselitteisiä ja oikeassa paikassa, jotta ne ovat helposti löydettävissä ohjeistuksesta.

Tietomallien täyden potentiaalin hyödyntämistä rajoittavat tällä hetkellä esimerkiksi tietomalleihin liittyvät sopimustekniset asiat sekä puutteet tietomalliohjelmistoissa. Jotta tietomallien käyttö rakennusalalla voisi yleistyä, tulisi tietomalleihin liittyvää lainsäädäntöä, yleisiä sopimusehtoja ja sopimusmalleja kehittää. Tällainen kehitystyö ei ole yksinään kohdeyrityksen vastuulla vaan vaatii yhteistyötä lainsäätäjien, rakennusalan ammattilaisten ja viranomaisten kesken. Tietomalliohjelmistojen kehittäminen taas on ohjelmiston tarjoajien vastuulla. Tietomallien kehittäminen ja niiden tehokkaampi hyödyntäminen kohdeyrityksen hankintatoimessa vaatii motivaatiota kaikilta hankintaprosessin osapuolilta. Kehitystyön taustalla on aina oltava motivaatio ja perusteet sille, miksi jotakin asiaa halutaan kehittää. Henkilöstön motivointi saattaa vaatia esimerkiksi tietomallintamisen hyötyjen konkretisointia sekä tietomallien käytön jatkuvaa tukea. Tietomallien tehokkaampi hyödyntäminen tulee olemaan pitkällisen kehitystyön tulosta ja hyödyntämisen tehostaminen tulee viemään aikaa. Kehitystyön onnistuminen vaatii sekä yrityksen johdon, että henkilöstön sitoutumista yhteisiin tavoitteisiin.

9.3 Ehdotukset jatkotutkimuksen kohteiksi

Tietomallintamista on rakennusalalla hyödynnetty jo pidemmän aikaa. Tietomallintamisen koko potentiaalia ei kuitenkaan vielä täysin hyödynnetä, sillä tietomallintamiseen liittyy erilaisia rajoitteita. Tässä tutkimuksessa selvitettiin tietomallien hyödyntämiseen ja tietomallien kehittämiseen liittyvät kehityskohdat sekä näihin liittyvät jatkokehitystarpeet (kts. Taulukko 12 luvussa 8. Pohdinta), joihin panostamalla tietomalleja voidaan tehokkaammin hyödyntää kohdeyrityksen hankinnoissa. Jatkokehitystarpeita käytetään kohdeyrityksessä kehitystyön lähtökohtana. Tulevaisuudessa olisi mielenkiintoista tutkia, miten kehitystyössä on onnistuttu. Tietomallintamista voidaan kohdeyrityksen sisällä kehittää vain tiettyyn pisteeseen saakka, sillä tietomallien käytön yleistyminen vaatii kohdeyrityksen sisäisen kehitystyön lisäksi myös lainsäädännön kehittymistä.

Tutkimus rajattiin käsittelemään kohdeyrityksen omaperusteista asuntorakentamista. Jatkotutkimuksen kohteita voisivat olla myös tietomallien hyödyntäminen muissa kohdeyrityksen suunnitteluvastuullisissa hankkeissa sekä esimerkiksi tietomallien hyödyntäminen maanrakennuksessa. Tutkimuksessa kartoitettiin hankinnan määrätietovaatimukset koskien kohdeyrityksen hankinnassa tunnistettuja kymmentä taloudellisesti merkittävintä hankintanimikettä. Määrätietovaatimusten osalta jatkotutkimuksen aiheena voitaisiin kartoittaa määrätietovaatimukset myös loppujen hankintanimikkeiden osalta.

Tällainen kartoitus olisi erityisen tärkeää kohdeyrityksen tietomalliohjeistuksen päivittämisen kannalta. Yhtenä mahdollisena jatkotutkimuksen kohteena voisi lisäksi olla teumamallien hyödyntäminen rakennusten ylläpidossa.

LÄHTEET

American Institute of Architects (AIA). (2007). Integrated project delivery: Guide. Saatavissa (viitattu 7.2.2019): http://info.aia.org/siteobjects/files/ipd_guide_2007.pdf.

BuildingSMART Finland. (2019a). Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Saatavissa (viitattu 20.2.2019): <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>.

BuildingSMART Finland. (2019b). Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Täydentävä liite. Osa 4. Talotekninen suunnittelu – Määrälaskennan prosessiohje. Saatavissa (viitattu 22.2.2019): https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YTV2012_Taydentava_liite_TATE_Prose-siohje.pdf.

Construction Users Roundtable (CURT). (2004). Collaboration, Integrated Information and the Project lifecycle in Building Design, Construction and Operation. Saatavissa (viitattu 16.2.2019): <https://kcuc.org/wp-content/uploads/2013/11/Collaboration-Integrated-Information-and-the-Pro-ject-Lifecycle.pdf>.

Eastman, C., Liston, K., Sacks, R. & Teicholz, P. (2008). BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors, Wiley, Hoboken, N.J, 490 s.

Eskola, J. & Suoranta, J. (2014). Johdatus laadulliseen tutkimukseen, 10. p. ed. Vastapaino, Tampere, 268 s.

Hietanen, J. (2005). Tietomallit ja rakennusten suunnittelu: filosofinen selvitys tieto- ja viestintä-tekniikan mahdollisuuksista, Rakennustieto, Helsinki, 95 s.

Himberg, R. (1986). Perustajaurakointi, Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus INSKO ry, Helsinki, 116 s.

Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. & Sinivuori, E. (2018). Tutki ja kirjoita, 22. p. ed. Tammi, Helsinki, 464 s.

Iloranta, K. & Pajunen-Muhonen, H. (2015). Hankintojen johtaminen: ostamisesta toimittajamarkkinoiden hallintaan, 4. tark. laitos ed. Tietosanoma, Helsinki, 427 s.

Junnonen, J. & Kankainen, J. (2012). Rakennusurakoitsijoiden hankintakäsikirja, 2. uudistettu p. ed. Suomen Rakennusmedia Oy, Helsinki, 151 s.

Junnonen, J. & Kankainen, J. (2013). Rakennuttaminen, Rakennustieto Oy, Helsinki, 101 s.

Jäväjä, P. & Lehtoviita, T. (2016). Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, Rakennustieto Oy, Helsinki, 107 s.

KIRA-digi. (2017). Tietomallipohjainen rakennuslupa asuinkerrostalossa. Saatavissa (viitattu 22.3.2019): <http://www.kiradigi.fi/kokeiluhankkeet/kokeiluhankkeet/tietomallipohjainen-rakennus-lupa-asuinkerrostalossa.html>.

Kirjanpitolausautakunta, Työ- ja elinkeinoministeriö (KILA). (2017). Kirjanpitolausautakunnan yleisohje perustajaurakoinnin käsittelystä tilinpäätöksessä. Saatavissa (viitattu 24.2.2019): https://kirjanpi-tolautakunta.fi/documents/10197/10349155/GRYNDERI_P_suomi.pdf.

Kivioja, K. (2014). YSE 1998 Käyttö ja tulkinta. Saatavissa (viitattu 6.2.2019): https://www.raken-nusteollisuus.fi/globalassets/koulutus-ja-esitysaineistot/2014-09-30_karri-kivioja-yse1998-kaytto-ja-tulkinta.pdf.

Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. (2017). Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 3. tarkistettu painos ed. Talonrakennusteollisuus ry, Helsinki, 144 s.

Kraljic, P. (1983). Purchasing must become supply management, Harvard Business Review, Vol. 61(5), 109 s.

Penttilä, H., Nissinen, S. & Niemioja, S. (2006). Tuotemallintaminen rakennushankkeessa: yleiset periaatteet, Rakennustieto, Helsinki, 64 s.

Ratu S-1227. (2010). Työmaan toimitusten suunnittelu ja ohjaus, Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS, 18 s.

RT 10-10827. (2004). Asuntosuunnittelun tehtäväluettelo PS ARK GEO RAK LVI SÄH, Rakennustietosäätiö RTS, 12 s.

RT 10-10992. (2010). Tietomallinnettava rakennushanke – Ohjeita rakennuttajalle, Rakennustietosäätiö RTS, 13 s.

RT 10-11066. (2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Osa 1. Yleinen osuus, Rakennustietosäätiö RTS ja COBIM-hankkeen osapuolet, 12 s.

RT 10-11067. (2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Osa 2. Lähtötilanteen mallinnus, Rakennustietosäätiö ja COBIM-hankkeen osapuolet, 17 s.

RT 10-11068. (2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Osa 3. Arkkitehtisuunnittelu, Rakennustietosäätiö RTS ja COBIM-hankkeen osapuolet, 17 s.

RT 10-11069. (2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Osa 4. Talotekninen suunnittelu, Rakennustietosäätiö RTS ja COBIM-hankkeen osapuolet, 30 s.

RT 10-11070. (2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Osa 5. Rakennesuunnittelu, Rakennustietosäätiö RTS ja COBIM-hankkeen osapuolet, 18 s.

RT 10-11071. (2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Osa 6. Laadunvarmistus, Rakennustietosäätiö RTS ja COBIM-hankkeen osapuolet, 15 s.

RT 10-11072. (2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Osa 7. Määrälaskenta, Rakennustietosäätiö RTS ja COBIM-hankkeen osapuolet, 11 s.

RT 10-11076. (2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Osa 11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen, Rakennustietosäätiö RTS ja COBIM-hankkeen osapuolet, 15 s.

RT 10-11077. (2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Osa 12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana, Rakennustietosäätiö RTS ja COBIM-hankkeen osapuolet, 11 s.

RT 10-11078. (2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa, Rakennustietosäätiö RTS ja COBIM-hankkeen osapuolet, 9 s.

RT 10-11079. (2014). Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Osa 14. Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa, Rakennustietosäätiö RTS ja COBIM-hankkeen osapuolet, 11 s.

RT 10-11080. (2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – Esittely, Rakennustietosäätiö RTS, 4 s.

RT 10-11284. (2017). Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo HJR18, RAKLI ry ja Rakennustietosäätiö RTS, 32 s.

S-1227. (2010). Työmaan toimitusten suunnittelu ja ohjaus, Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS, 18 s.

Silius-Miettinen, P. (2011). Rakentamisen tietomalli - huomioitavaa hankinnassa ja ennakoivassa sopimisessa, Pro Gradu, Itä-Suomen yliopisto, Oikeustieteiden laitos, 99 s. Saatavissa: http://epublications.uef.fi/pub/urn_nbn_fi_uef-20110380/urn_nbn_fi_uef-20110380.pdf.

Smith, D.K. & Tardif, M. (2009). Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers, Wiley, Hoboken, NJ, 186 s.

Tanskanen, K. (2004). Hankinnat, in: Lehtonen, J. (ed.), Tuotantotalous, WSOY, Helsinki, s. 80-101.

Touran, A. (2003). Calculation of contingency in construction projects, IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 50(2), s. 135-140.

Yin, R.K. (2014). Case study research: design and methods, 5th edition ed. SAGE, Los Angeles, 282 s.

Äyräväinen Oy. (2014). Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE12. Saatavissa (viitattu 24.2.2019): <https://www.ayravainen.fi/2014/03/taloteknisen-suunnittelun-tehtavaluettelo-tate12/>.

LIITE A: HAASTATTELUTEEMAT

Suunnittelijat

- **Tapaustutkimus:** Case-projekti
 - Suunnittelijan rooli tapaustutkimuksen kohteessa.
 - Kohteen suunnitteluprosessi ja suunnitteluprosessin haasteet ja mahdollisuudet.
 - Kohteen hankintasuunnitelma ja suunnitteluajakaulu sekä hankintasuunnitelman ja suunnitteluajakaulun välinen kommunikaatio.
 - Kohteen tietomalliohjeistus, tietomallinnusprosessi sekä tietomallinnusprosessin haasteet ja mahdollisuudet.
 - Kohteen tietomallinnusprosessin aikakaulu sekä tietomallinnusprosessin ja suunnitteluajakaulun välinen yhteys.
- Perinteisten suunnitelmien tuottaminen ja tietomallinnus.
- Suunnitelmamuutokset ja tietomallin päivittäminen.
- Nimikkeiden mallintaminen ja nimikkeiden mallintamisen haasteet ja mahdollisuudet.
- Hankinnan tavoitteena on hyödyntää tietomallia tulevaisuudessa mahdollisimman tehokkaasti. Tämä edellyttäisi reaaliaikaisesti päivittyvää tietomallia, joka olisi hankinnan käytettävissä hankintasuunnitelman mukaisesti ja joka sisältäisi kaiken hankintoihin tarvittavan tiedon.
 - Tavoitteen vaikutukset suunnittelijoihin ja käytännön mahdollisuudet.
 - Tavoitteen ongelmakohdat suunnittelijoiden näkökulmasta.
 - Tavoitteen asettamat vaatimukset hankkeen muille osapuolille.
 - Tietomallin kehittäminen paremmin hankintoja palvelevaan suuntaan.

Suunnittelunohjaus

- **Tapaustutkimus:** Case-projekti
 - Suunnittelunohjauksen rooli tapaustutkimuksen kohteessa.
 - Kohteen suunnitteluprosessi ja suunnitteluprosessin haasteet ja mahdollisuudet.
 - Alihankkijoiden osaamisen hyödyntäminen kohteen suunnitteluprosessissa.
 - Kohteen hankintasuunnitelma ja suunnitteluajakaulu sekä hankintasuunnitelman ja suunnitteluajakaulun välinen kommunikaatio.
 - Kohteen tietomalliohjeistus, tietomallinnusprosessi sekä tietomallinnusprosessin haasteet ja mahdollisuudet.
 - Kohteen tietomallinnusprosessin aikakaulu sekä tietomallinnusprosessin ja suunnitteluajakaulun välinen yhteys.
- Suunnitelmamuutokset ja tietomallin päivittäminen.
- Hankinnan tavoitteena on hyödyntää tietomallia tulevaisuudessa mahdollisimman tehokkaasti. Tämä edellyttäisi reaaliaikaisesti päivittyvää tietomallia, joka olisi hankinnan käytettävissä hankintasuunnitelman mukaisesti ja joka sisältäisi kaiken hankintoihin tarvittavan tiedon.
 - Tavoitteen vaikutukset suunnittelunohjaukseen ja käytännön mahdollisuudet.
 - Tavoitteen ongelmakohdat suunnittelunohjauksen näkökulmasta.
 - Tavoitteen asettamat vaatimukset hankkeen muille osapuolille.
 - Tietomallin kehittäminen paremmin hankintoja palvelevaan suuntaan.

Alihankkijat

- Yritysesittely.
- Tietomallien hyödyntäminen yrityksen toiminnassa.
- **Tapaustutkimus:** Case-projekti
 - Alihankkijan rooli tapaustutkimuksen kohteessa.
 - Alihankkijan rooli kohteen suunnitteluprosessissa.
 - Tietomallin hyödyntäminen kohteen hankintaprosessin eri vaiheissa.
 - Tarjouspyyntö
 - Urakkaneuvottelu
 - Urakkasopimus
 - Hankinnan ohjaus ja valvonta
- Tietomallin tehokkaampi hyödyntäminen hankintaprosessissa.
- Tietomallin kehittäminen paremmin alihankkijoita palvelevaan suuntaan.
- Mahdolliset ongelmakohdat tietomallin hyödyntämisessä hankintaprosessissa.

Hankinta

- Hankinnan rooli hankintaprosessissa.
- Mahdollisuudet hankinnan osallistumisessa hankkeen suunnitteluvaiheeseen.
- Tietomallin hyödyntäminen hankintaprosessin eri vaiheissa tällä hetkellä.
- Taloudellisesti merkittävimmät hankintanimikkeet ja tietomallin hyödyntäminen niiden hankinnassa.
- **Tapaustutkimus:** Case-projekti
- Tietomallin tehokkaampi hyödyntäminen hankintaprosessin eri vaiheissa.
- Hankinnan vaatimukset tietomallille hankintaprosessin eri vaiheissa.
- Hankinnan vaatimukset laskennalle hankintaprosessissa.
- Potentiaalisimmat hankintanimikkeet, joissa tietomallia voitaisiin hyödyntää sekä tietomallin kehittäminen tukemaan potentiaalisimpia hankintanimikkeitä.

Tuotanto

- Tuotannon rooli hankintaprosessissa.
- Mahdollisuudet tuotannon osallistumisessa hankkeen suunnitteluvaiheeseen.
- Tietomallin hyödyntäminen hankintaprosessin eri vaiheissa tällä hetkellä.
- Taloudellisesti merkittävimmät hankintanimikkeet ja tietomallin hyödyntäminen niiden hankinnassa.
- **Tapaustutkimus:** Case-projekti
- Tietomallin tehokkaampi hyödyntäminen hankintaprosessin eri vaiheissa.
- Tuotannon vaatimukset tietomallille hankintaprosessin eri vaiheissa.
- Potentiaalisimmat hankintanimikkeet, joissa tietomallia voitaisiin hyödyntää sekä tietomallin kehittäminen tukemaan potentiaalisimpia hankintanimikkeitä.

Laskenta

- Laskennan rooli hankintaprosessissa.
- Tietomallin hyödyntäminen hankintaprosessissa.
- Taloudellisesti merkittävimmät hankintanimikkeet ja tietomallin hyödyntäminen niiden hankinnassa/laskennassa.
- **Tapaustutkimus:** Case-projekti
- Potentiaalisimmat hankintanimikkeet, joissa tietomallia voitaisiin hyödyntää.
- Tietomallin kehittäminen tukemaan potentiaalisimpia hankintanimikkeitä.

LIITE B: KYSELYLOMAKE

1. Oletko osallistunut tietomallikoulutukseen työskennellessäsi kohdeyrityksen palveluksessa?
Kyllä ☐ En ☐
2. Hyödynnätkö tietomalleja työssäsi?
Kyllä ☐ En ☐
3. Jos vastasit kyllä, miten hyödynnät tietomalleja työssäsi?
(Vapaa vastaus)
4. Jos vastasit ei, miksi et hyödynnä tietomalleja työssäsi?
(Vapaa vastaus)



5. Yllä olevassa kaaviossa on kuvattu operatiivisen hankinnan prosessi. Miten hyödyntäisit tietomallia hankintaprosessin eri vaiheissa, jos tietomalli olisi "täydellinen"?
(Täydellinen = Malli olisi ajan tasalla ja käytettävissä, sekä sisältäisi kaiken tarvittavan määrätiedon hankintoja varten)
 - a. Hankinnan valmistelu
(Vapaa vastaus)
 - b. Hankintapäätöksen teko
(Vapaa vastaus)
 - c. Hankinnan ohjaus ja valvonta
(Vapaa vastaus)
6. Koetko tarvitsevasi (lisä)koulutusta tietomallien käytöstä?
Kyllä ☐ En ☐
7. Jos vastasit kyllä, mitä asioita haluaisit oppia?
(Vapaa vastaus)

LIITE C: HAASTATTELUTUTKIMUKSEN TULOKSET

1. Suunnitteluprosessi

1.1 Suunnitteluprosessi suunnittelijoiden näkökulmasta

Suunnitteluprosessissa kohdataan matkan varrella erilaisia haasteita kohteen vaikeus-
tasosta ja laajuudesta riippuen. Case-projektissa vastaan tuli niin yleisesti suunnitteluun
liittyviä kuin tapauskohtaisiakin haasteita. Suunnitteluprosessin pituudesta johtuen on
hyvin todennäköistä, että osa henkilöstöstä vaihtuu prosessin aikana. Case-projektissa
ovat vaihtuneet arkkitehtisuunnittelija, päärakennesuunnittelija, suunnittelunohjaaja,
LVIA-suunnittelija (lämpö-, vesi/viemäri-, ilmastointi- ja automaatio-suunnittelija) sekä
pohjarakennesuunnittelija kesken projektin. Henkilöstön vaihtuvuus saattaa aiheuttaa
projektissa informaation katoamista. Kaikki tieto pitäisikin dokumentoida niin, että tieto
on kaikkien projektin osapuolten käytettävissä. Informaatio ei saisi olla yhden ihmisen
varassa. Esimerkiksi arkkitehtisuunnittelijan vaihtuminen kesken projektin ei aiheuttanut
toimiston sisällä tietokatkoa, sillä kaikki toimistolla työskentelevät ovat perillä käynnissä
olevista projekteista. Näin suunnittelutyötä on mahdollista siirtää tarpeen tullen suunnit-
telijalta toiselle. Suunnitteluprosessin pituuteen liittyen haasteita aiheutuu myös kortteli-
suunnittelusta. Case-projekti on osa isompaa asuinkorttelia, joka on suunniteltu jo 3-4
vuotta aikaisemmin. Suunnitteluprosessin pituus aiheuttaa haasteita myös resurssien ja
aikataulun hallinnassa. Projektin suurin työpanos painottuu hankkeen alkupään hanke-
ja luonnossuunnitteluvaiheeseen. Tämän jälkeen suunnitelmia ainoastaan päivitetään ja
täydennetään.

Jokaisen hankkeen lähtökohtana on asemakaavan tulkitseminen. Kaavassa on määrätty
tiettyjä asioita, kuten esimerkiksi rakennuksen julkisivun väri. Kaavassa määrätty asiat
on otettava huomioon suunnittelussa ja suunnittelun päälinjat neuvotellaan yhteistyössä
kaupungin kanssa. Case-projektin asemakaavassa on määrätty, että rakennuksen kaksi
ylintä kerrosta tulee toteuttaa niin sanotusti sisäänvedettyinä. Kyseisen alueen asema-
kaavassa kaikissa yli viisikerroksisissa taloissa ylimmät kerrokset (yli viidennen kerrok-
sen) on määrätty toteutettavaksi sisäänvedettyinä. Tällaisissa tilanteissa on tärkeää tut-
kia tarkkaan erilaisia vaihtoehtoisia ratkaisuja niin käytännön toteutuksen kuin kustan-
nusten kannalta. Asemakaavassa määrätty suunnitteluratkaisut saattavat aiheuttaa ih-
metystä suunnittelijoiden keskuudessa tai hankkeen muissa osapuolissa, jos he eivät
tunne alueen asemakaavaa.

Case-projekti sijoittuu erittäin ahtaalle tontille, joka on jokaisesta nurkastaan kiinni ympäröivissä rakenteissa. Rakennus on kiinni parkkihallissa, jonka kansi on kahteen suuntaan vino rakenne. Tontissa kiinni olevia katuja ei ole vielä rakennettu, eikä niiden korkoa vielä tarkkaan tiedetä. Tontin ahtaus on aiheuttanut hankaluuksia rakennuksen sijoittelussa samaan koordinaatistoon ympäröivien rakenteiden kanssa sekä esteettömyyden suunnittelussa ja toteuttamisessa. Luonnosvaiheessa suunnittelussa joudutaan tekemään joskus arvauksia siitä, mihin jokin rakennusosa lopulta sijoittuu. Tällaiset asiat tarkentuvat suunnittelun edetessä. Muutoksien ja päivitysten vuoksi suunnittelijoiden välisessä tiedonkulun hallinnassa tulee olla erityisen tarkkana, jotta jokaisella suunnittelijalla on omassa suunnittelutyössään käytössä muiden suunnittelualojen uusimmat suunnitelmat.

Tyypillinen haaste suunnittelussa on kompromissin löytäminen eri suunnittelualojen suunnitelmien välillä. Suunnitteluratkaisut voivat lähtökohtaisestikin olla haastavia. Lisäksi muutokset yhden suunnittelualan suunnitelmissa vaikuttavat aina myös muiden suunnittelualojen suunnitelmiin. Muiden suunnittelualojen suunnittelijat tekevät oman suunnittelutyönsä arkkitehdin suunnitelmien pohjalta, joten muutokset arkkitehdin suunnitelmissa aiheuttavat muutoksia kaikkien muiden suunnittelualojen suunnitelmiin. Case-projektin suunnittelussa haasteita aiheuttivat muun muassa ylimpien kerrosten kattorakenteet, runkorakenteet porrashuoneen kohdalla, seinämäiset palkit sekä talotekniikan osalta käytävien ja välipohjien tekniikka. Käytävät ovat yleisesti ottaen talotekniikan osalta ahtaimpia paikkoja, varsinkin ensimmäisen kerroksen käytävän alakatto. Lisäksi kohteessa välipohjat toteutettiin paikallavalettuina, jolloin esimerkiksi patterien putkitukset oli vietävä betonivalun sisään. Suunnitelmamuutosten osalta on myös muistettava, että suunnitelmien valmiustaso on sidottu suunnittelusopimuksissa suunnittelijoiden maksuerätaulukoihin. Jos valmiisiin suunnitelmiin halutaan tehdä muutoksia, ovat muutokset silloin suunnittelijoiden lisätyötä. Suunnitelmat eivät voi elää jatkuvassa muutoksessa. Suunnitelmia tulisikin muokata hankkeen alkuvaiheessa tarpeeksi kauan, jotta niihin ei enää suunnitelmien lukitsemisen jälkeen tarvitsisi tehdä muutoksia. Kuten edellä mainittiin, muutokset aiheuttavat aina lisätyötä useammalle kuin yhdelle suunnittelijalle, jolloin työmäärä moninkertaistuu. Panostamalla suunnitteluun hankkeen alkuvaiheessa välttyttäisiin kaksinkertaiselta suunnittelutyöltä.

Suurimmat yllätykset suunnitteluprosessissa ilmenevät yleensä hankkeen hankintavaiheessa. Jos hankintavaiheessa huomataan, että jokin hankintanimike onkin kustannuksiltaan luultua korkeampi, on tällöin etsittävä nimikkeelle kustannustehokkaampia ratkaisuja. Mahdolliset nimikkeisiin liittyvät kustannuskysymykset on selvitetty jo hankkeen luonnossuunnitteluvaiheessa ja hankkeen kaikkien osapuolien pitäisi olla sitoutuneita

luonnosvaiheessa tehtyihin päätöksiin. Tehdyissä päätöksissä pysyminen on oleellinen osa suunnitteluprosessia, sillä suunnitelmamuutosten tekeminen hankkeen myöhäisessä vaiheessa on työlästä. Edellä mainitut yllätykset saattavat johtua esimerkiksi kustannustason vaihteluista. Vuonna 2018 rakennuslalla oli havaittavissa selkeää kustannusnousua, mikä on varmasti osaltaan vaikuttanut hankkeiden talouteen. Kustannusvaihteluista voi olla vaikea ennustaa ja ne saattavat aiheuttaa heittoja kustannuksiin, vaikkakin suunnittelussa olisi alun perin tehty kustannustehokkaita ratkaisuja.

Hankkeiden ja hankintojen kustannuksia pitäisi pystyä tarkastelemaan pidemmällä aikavälillä. Kvartaalitarkastelu korostaa ajattelutapaa, jossa jokaista hanketta ja hankintaa ajatellaan yksilönä. Hankkeen hankinnoissa on epäonnistuttu, jos jokin yksittäinen hankinta on ylittänyt sille määritellyt kustannukset. Samalla ajattelumallilla korttelihanke on epäonnistunut, jos yksittäinen korttelin kohde on ylittänyt arvioidut kustannukset. Vaikka yksi korttelin kohteista olisi taloudellisesti epäonnistunut, voivat muut korttelin kohteet onnistuessaan kantaa koko korttelia. Tällöin kortteli on kokonaisuutena onnistunut vaikkakin yksi kohde olisi epäonnistunut. Asioita pitäisi ajatella kokonaisuutena.

Suunnitteluprosessia voitaisiin tehostaa panostamalla enemmän suunnittelijoiden väliseen tiedonkulkuun ja kommunikaatioon sekä lukitsemalla hankkeen lähtötiedot mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tiedonkulku suunnitteluryhmän kesken saattaa paikoin olla hyvinkin hidasta. Joskus suunnitelmia pidetään turhan kauan pelkästään omana tietona, kun suunnitelmat voitaisiin jakaa muiden suunnittelijoiden kanssa jo paljon aikaisemmin. Tämä jouduttaisi suunnitteluprosessia, sillä suunnitelmissa on yleensä risteymäkohtia, jotka on joka tapauksessa korjattava. Suunnittelujärjestyksestä johtuen yhden suunnittelualan suunnitelmien viivästyminen tai suunnitelmien turha pimittäminen muilta suunnittelijoilta saattaa lyhentää toisen suunnittelualan suunnitelmiin käytettävissä olevaa aikaa. Hankkeissa joudutaan usein tekemään kaksinkertaista suunnittelua, sillä ensimmäisten luonnosten ja lopullisten suunnitelmien väliin mahtuu paljon suunnitelmamuutoksia. Varsinkin asuntokohteissa suunnitelmiin tulee väkisin päivityksiä asukasmuutosten takia. Lukitsemalla lähtötiedot mahdollisimman aikaisessa vaiheessa sekä sitoutumalla tehtyihin päätöksiin, pystyttäisiin suunnitteluprosessia tehostamaan varsinkin mallinnettavissa kohteissa. Myöhäiset suunnitelmamuutokset ovat aina työlämpiä ja hitaampia toteuttaa.

1.2 Suunnitteluprosessi suunnittelunohjauksen näkökulmasta

Suunnittelunohjauksen tehtävä suunnitteluprosessissa on koota suunnitteluryhmä ja ohjata suunnittelutyötä. Suunnittelunohjaaja ohjaa suunnittelua yrityksen suunnittelualustojen, alueellisten linjausten ja tarkennusten sekä asetettujen tavoitteiden mukaisesti.

Toisin sanoen suunnittelunohjaaja valvoo, että suunnittelu kehittyy kohti yrityksen toivomaa tavoitetilaa. Lisäksi suunnittelunohjaaja valvoo suunnittelun kustannustehokkuutta sekä määräysten noudattamista ja eri osapuolien toiveiden toteutumista suunnittelussa. Suunnittelunohjaaja valvoo, että suunnittelu etenee yrityksen sisäisten prosessien mukaisesti. Toinen suunnittelunohjauksen tärkeä tehtävä suunnitteluprosessissa on hankkeen muiden osapuolten sitouttaminen suunnitteluprosessissa tehtyihin päätöksiin. Jos päätöksiä ei muuten synny, jää päätöksenteko viime kädessä suunnittelunohjaajan vastuulle. Päätöksiin pitäisi sitouttaa niin tuotanto-organisaatio, hankinta- ja laskentatoimi kuin muutkin hankkeen osapuolet. Valitettavasti päätökset ovat usein kompromisseja, sillä kaikkia osapuolia ei voida miellyttää. Tärkeintä on, että päätökset ovat yrityksen edun mukaisia.

Hankkeen alkuvaiheessa luodaan hankesuunnitelma, jossa määritellään hankkeen sisältö sekä hankkeen laatu- ja kustannustasotavoitteet. Hankesuunnitelman tarkoitus on ohjata suunnittelua. Hankkeen hahmottaminen ilman minkäänlaisia luonnoksia on kuitenkin haastavaa. Tästä syystä arkkitehdin on oltava mukana hankkeessa jo hankesuunnitteluvaiheessa. Muu suunnitteluryhmä kasataan hankkeen luonnossuunnitteluvaiheessa. Kun L1-tasoiset luonnossuunnitelmat on saatu valmiiksi, edetään prosessissa kohti hankelaskelmaa. Hankelaskelma on koko hankkeen kannattavuuden ydin ja siksi se onkin koko prosessin haasteellisin vaihe. Jos hankkeen talous on laskelman mukaan kannattava, voidaan edetä prosessissa eteenpäin. Jos hankelaskelma taas ei ole kannattava, on hankkeen kustannuksia karsittava. Kustannuksiin voidaan vaikuttaa esimerkiksi etsimällä kustannustehokkaampia materiaaliveikkeitä ja suunnitteluratkaisuja. Laskelmaa muokataan niin kauan, että hankkeen talous on kannattava. Hankelaskelmavaiheessa kaikkien osapuolten on oltava mahdollisimman rehellisiä ja kaikkien osapuolien on sitouduttava tehtyihin päätöksiin.

Hankelaskelman kannattavuuden varmistuttua prosessissa edetään L2-tasoihin lukittuihin luonnossuunnitelmiin. Lukituilla luonnossuunnitelmillä tarkoitetaan sitä, että suunnittelun pääasiat, esimerkiksi huoneistopohjat, on lyöty lukkoon ja suunnitelmiin ei enää tämän jälkeen tehdä oleellisia muutoksia. Luonnosten lukitsemisen jälkeen suunnittelu jatkuu rakennuslupasuunnitelmiin ja myöhemmin tuotantosuunnitelmiin. Luonnosten lukitsemisesta eteenpäin suunnittelunohjauksen tehtävänä on valvoa, ettei hankelaskelmassa arvioituja kustannuksia ylitetä. Lupasuunnitelmien valmistuttua liikkeelle lähtevät urakkakyselyaineistot ja määrälaskenta. Erityisesti maanrakennusurakan ja betonielementtien tarjouskyselyt pyritään saamaan liikkeelle mahdollisimman aikaisin, sillä niillä on hankkeessa suuri kustannusvaikutus. Määrälaskennan ja urakkakyselyaineistojen valmistuttua pidetään vielä tuotannon suunnitelmakatselmus. Katselmukseen osallistuu

koko tuotanto-organisaatio. Katselmuksessa käydään läpi suunnitelmien riittävyys tuotannon näkökulmasta. Mahdollisesti esille tulleet puutteet ja lisäykset korjataan suunnitelmiin.

Case-projektin suunnitteluprosessissa haasteita ovat aiheuttaneet esimerkiksi korttelisuunnittelu, ahdas tontti, kustannukset ja kustannusten jakaminen sekä henkilöstön vaihtuminen. Rakennushankkeessa on kaksi asiaa, joiden kustannuksiin ei pystytä vaikuttamaan: tontin hinta ja pohjaolosuhteet. Rakennuksen perustusten kustannukset voivat vaihdella suuresti pohjaolosuhteista riippuen. Esimerkiksi paalutus on perustamista-pana huomattavasti kalliimpi kuin esimerkiksi maanvarainen laatta. Tontti ja pohjaolosuhteet eivät tuota asiakkaalle mitään lisäarvoa, mutta niistä aiheutuneet kustannukset näkyvät asuntojen hinnoissa. Maanrakentamisen kustannuksia on lisäksi vaikea arvioida hankkeen alkuvaiheessa. Vuonna 2018 rakennusalan yllättänyt kustannusnousu on osaltaan aiheuttanut vaikuttanut rakentamisen kustannuksiin.

Yrityksen kannalta haasteellista korttelirakentamisessa on liittyvien kustannusten jakaminen ja huomioiminen. Kun kortteliin rakennetaan kaikkia korttelin asunto-osakeyhtiöitä palvelevia katu- ja talotekniikkaliittymiä sekä esimerkiksi kaikkia korttelin asukkaita palveleva parkkihalli, näistä muodostuvat kustannukset on laskettava ja jaettava oikein korttelin asunto-osakeyhtiöiden kesken. Yllättävät kustannusnousut voivat myös aiheuttaa haasteita hankkeen talouteen, sillä kustannusten korjaaminen vaihtoehtoisilla materiaaleilla tai suunnitteluratkaisuilla rakennuslupan hyväksymisen jälkeen on haasteellista. Tämä riippuu lähinnä siitä, mitä rakennuslupasuunnitelmiin on kirjattu. Jos halutaan esimerkiksi muuttaa rakennuksen julkisivumateriaalia, on ensin tarkistettava mitä lupasuunnitelmiin on julkisivumateriaalista kirjattu. Jos lupasuunnitelmiin on julkisivun kohdalle kirjattu pelkästään ”valkoinen”, lupasuunnitelmissa on ainoastaan määritelty julkisivun väri. Tässä tapauksessa materiaalia voidaan vielä muuttaa. Jos taas lupasuunnitelmissa on tarkkaan määritelty myös julkisivun materiaali, muuttaminen on huomattavasti hankalampaa. Rakennushankkeeseen ryhtyvä saa kyllä muuttaa suunnitelmia tietyin edellytyksin. Esimerkiksi case-projektissa ollaan hakemassa rakennusaikaista poikkeuslupaa.

Kokonaisuuden hahmottaminen on korttelisuunnittelussa yksi avaintekijä. Esimerkiksi Tampereen alueella korttelisuunnitelma on hyväksyttävä Tampereen kaupungin laaturyhmällä. Tämä on yrityksen kannalta hyvä käytäntö, sillä korttelisuunnittelussa joudutaan tällöin tarkastelemaan aluetta kokonaisuutena ja määrittämään kyseiselle korttelille sopivat rakennushankkeet. Haasteena korttelisuunnittelussa ovat kuitenkin kaupungin asettamat vaatimukset. Esimerkiksi Tampereen kaupunki käsittelee taloja yksilöinä. Jotta kortteli olisi monimuotoinen on korttelin talojen itsessään oltava monimuotoisia. Ajatus kuitenkin olisi, että talot itsessään olisivat yksinkertaisia ja eroaisivat toisistaan

joko väriltään, muodoltaan ja kattomuodoltaan tai massoittelultaan. Ja tästä muodostuisi korttelin monimuotoisuus.

Tontti on case-projektissa hyvin ahdas ja yhteensovittaminen on ollut haasteellista. Rakennus liittyy parkkihalliin ja ympäröiviin katuihin, jotka ovat kaikki eri korossa. Näihin kaikkiin pitäisi päästä esteettömästi. Rakennuksen sovittelu tontille sekä ympäröivään korkomaailmaan, niin että esteettömyys säilyy, on vaatinut taitoa erityisesti arkkitehdilta. Tämä on tuonut haasteita myös liittymien suunnitteluun ja tekniikan sijoitteluun käytännössä. Myös henkilöstön vaihtuminen on luonut haasteita case-projektissa. Kohteessa on vaihtunut ainakin arkkitehti, suunnittelunohjaaja, rakennesuunnittelija sekä talotekniikan suunnittelija. Henkilöstön vaihtuminen aiheuttaa tiedon häviämistä: etenkin tieto siitä, minkä takia joitakin päätöksiä on tehty.

1.3 Alihankkijoiden osaamisen hyödyntäminen suunnitteluprosessissa suunnittelunohjauksen ja alihankkijoiden näkökulmasta

Case-projektin suunnitteluprosessissa konsulttoitiin alihankkijoita joidenkin materiaalien ja suunnitteluratkaisujen osalta. Yleensä alihankkijat tulevat hankkeeseen mukaan vasta tarjouspyynnön kautta. Alihankkijoiden konsultointi suunnitteluvaiheessa on kuitenkin järkevää, sillä alihankkijoilla on kattavin ja käytännönläheisin tietämys omista nimikkeistään. Konsultointi voi olla erilaisten suunnitteluratkaisujen tutkimista ja vertailua tai esimerkiksi määräysten tarkistamista. Joskus suunnittelijat saattavat olla suoraan yhteydessä alihankkijoihin. Joidenkin alihankkijoiden sivuilta löytyykin esimerkiksi mallinussohjeita suunnittelijoille sekä valmiita mallinussubjekteja. Case-projektissa alihankkijoita konsulttoitiin esimerkiksi parvekkeiden kaideratkaisujen osalta. Varsinkin parvekelasitusten hinnoittelu on hankalaa, sillä kauppaa käydään kokonaishinnasta. Vaikka urakoitsijalla olisikin tiedossa neliöhinnat lasituksille, tarkkaa hintaa lasitusurakalle ei tiedetä. Tiedossa on kuitenkin tekijät, jotka vaikuttavat parvekelasituksen kustannuksiin ja joita tulisi suunnittelussa välttää. Kohteessa konsulttoitiin alan alihankkijaa, jonka toteutusehdotuksen pohjalta tehtiin muutos parvekelasitussuunnitelmiin.

Parvekekaiteiden lisäksi kohteessa konsulttoitiin alihankkijoita julkisivumateriaaleihin, muurauksiin ja eristeisiin liittyen. Julkisivumateriaalien osalta konsulttoitiin materiaalitoimittajia ja haettiin hintavalle julkisivun komposiittilevyille kustannustehokkaampia vaihtoehtoja. Alun perin talon julkisivuun ajateltiin testattavaksi komposiittilevyä, jotta asuinalueelle saataisiin julkisivurappaukselle vaihtoehtoinen julkisivuratkaisu. Aika osoittautui kuitenkin rajoittavaksi tekijäksi ja se loppui kesken. Komposiittilevyn hinnoittelun kanssa kohdattiin haasteita, sillä komposiittilevyille ei saatu asennushintaa, pelkästään materiaalin hinta. Työn osuus on kuitenkin haastavin osuus hinnan arvioinnissa, sillä siihen

vaikuttavat muun muassa aukotukset ja muut haitat. Kohteen muurauksien osalta konsultoitii tiilien valmistajaa ja eristeisiin liittyen konsultoitii eristevalmistajaa palomääräyksiin liittyen. Edellä mainittujen lisäksi sähköurakoitsija tarkastaa kohteen betonielementtien sähkösuunnitelmat.

1.4 Hankinnan osallistuminen hankkeen suunnitteluprosessiin hankinnan näkökulmasta

Hankinnan osallistuminen hankkeen suunnitteluprosessiin tuo suunnittelutyöhön paljon mahdollisuuksia. Hankinta pystyisi osaltaan vaikuttamaan tuotteiden ja palveluiden valintaan ja toteutuskelpoisuuteen sekä varmistamaan näiden saatavuuden nykymarkkinoilta. Hankinta pystyisi myös jakamaan ja yhtenäistämään tietoa voimassa olevista vuosisopimuksista. Hankinta tuo prosessiin tietotaitoa materiaaleista ja mahdollisista toimittajista, joiden osaamista voidaan hyödyntää jo suunnitteluvaiheessa. Tiedonkeräys ja tiedon kasaaminen sekä vaihtoehtojen vertailu ja tulkinta ovat suurimpia hyötyjä, mitä hankinta voi suunnitteluprosessiin tuoda. Tätä on valitettavasti hyödynnetty vielä vähäisissä määrin, sillä tiedonkerääminen vaatii paljon aikaa ja resursseja. Suunnittelijat tekevät suunnittelussa isoimmat linjaukset, mutta hankinnan osaamista hyödyntämällä suunnittelupaketti saadaan kasattua kustannustehokkaasti. Hankinnan tehtävä onkin hieman epäillä ja kyseenalaistaa tehtyjä valintoja.

Hankinnalla olisi enemmänkin halua osallistua hankkeen suunnitteluprosessiin. Kaikille hankkeen osapuolille olisi hyödyllistä osallistua suunnitteluprosessiin, sillä suunnitteluprosessissa tuodaan ilmi perustelut tehdyille suunnitteluratkaisuille. Esimerkiksi kohteen asemakaavassa määrätty suunnitteluratkaisut saattavat ihmetyttää hankkeen osapuolia, jos kaava ei ole heille tuttu. Tällaiset suunnitteluratkaisut saatetaan tulkita ”arkkitehdin taiteelliseksi näkemykseksi”, jos asiasta ei ole parempaa tietämystä. Suunnitteluprosessiin osallistuminen auttaisi osapuolia paremmin ymmärtämään syyt tehdyille ratkaisuille. Lisäksi tämä vähentäisi eriäviä mielipiteitä hankkeen myöhemmissä vaiheissa, kun jokaisella hankkeen osapuolella olisi mahdollisuus tuoda mielipiteensä julki jo suunnitteluvaiheessa. Tuotannon puolelta hankkeen suunnitteluprosessiin osallistuu työpäällikkö. Työpäälliköillä on yleensä useita kohteita käynnissä samanaikaisesti, joten tulevan hankkeen suunnitteluprosessiin osallistuminen voi olla aikataulullisesti haastavaa.

1.5 Tuotannon osallistuminen hankkeen suunnitteluprosessiin tuotannon näkökulmasta

Tuotannon osallistumisessa hankkeen suunnitteluprosessiin on sekä mahdollisuuksia että haasteita. Tuotannon osallistuminen hankkeen suunnitteluprosessiin antaisi tuotannolle mahdollisuuden vaikuttaa suunnitelmiin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Tuotannon osallistuminen toisi suunnitteluprosessiin käytännön näkemystä, jolloin mahdollisilta epäkäytännöllisiltä suunnitteluratkaisuilta voitaisiin välttyä. Valitettavasti tämä ei kovinkaan usein ole realistista, sillä tuotannon organisaatio siirtyy hyvin pitkälti suoraan edellisestä hankkeesta seuraavaan. Tällä hetkellä tuotanto-organisaatio osallistuu suunnitteluprosessiin aikaisintaan suunnitelmakatselmuksen yhteydessä. Katselmuksessa käydään läpi hankkeen suunnitelmat tuotannon näkökulmasta. Tässä vaiheessa suunnitelmat ovat kuitenkin niin pitkällä, että suurempiin linjauksiin ei enää pystytä vaikuttamaan. Katselmuksessa pystytään ainoastaan ennakoimaan silmiin pistäviä asioita sekä vaikuttamaan yksityiskohtiin ja työn tekniseen toteutukseen. Työmaan aikana voidaan etsiä vaihtoehtoisia ratkaisuja.

Tuotanto-organisaation osallistuminen hankkeen suunnitteluprosessiin on epärealistista, sillä tuotanto-organisaatio kiinnitetään hankkeeseen vasta suunnitteluprosessin loppupäässä ennen rakentamisen alkamista. Tuotannon pitäisi osallistua suunnitteluprosessiin jo 1-1,5 vuotta ennen rakentamisen varsinaista alkamista, jotta isoihin suunnittelulinjoihin pystyttäisiin vielä vaikuttamaan. Tähän eivät tuotannon resurssit kuitenkaan riitä. Tästä syystä työmaalta kerättävä palaute hankkeen määrälaskentaan ja suunnitelmiin liittyen ovat merkittävässä roolissa suunnittelun kehittämisessä. Palautteen tarkoituksena on ehkäistä suunnitteluvirheiden toistuminen seuraavissa hankkeissa. Palautteen antamisesta pitäisi työmaalla tehdä mahdollisimman yksinkertaista, jotta palautetta saataisiin kerättyä mahdollisimman paljon. Lisäksi on huolehdittava tiedon kulkeutumisesta myös hankkeen muille osapuolille. Tällä hetkellä palautteen antaminen työmaalla tuntuu olevan haasteellista ja tieto ei kulkeudu suunnittelijoille asti. (Haastattelu 4.)

Tuotanto-organisaation vähäisten vaikutusmahdollisuuksien vuoksi suunnittelupalautteen antaminen rakentamisen aikana ja sen jälkeen on erityisen tärkeää. Kohdeyrityksen hankkeissa onkin ollut käytössä suunnittelunohjauksen palauteryhmä. Palauteryhmä koostuu hankkeen aikana pidettävistä kahdesta palauteryhmän palaverista, joihin osallistuvat hankkeen suunnittelunohjaus, tuotanto-organisaatio ja työmaan työntekijät. Palavereissa kerätyt palautteet kirjataan ylös ja palautteet jäävät suunnittelunohjauksen käyttöön. Palauteryhmään sisältyy myös hankkeen loppuraportointitilaisuus, johon osallistuvat myös laskennan ja hankinnan organisaatiot. Tilaisuudesta koostetaan loppuraportti, jonka avulla dokumentoidaan hankkeesta saatu kustannus- ja suunnittelutieto. Suunnittelunohjauksen palauteryhmä on tällä hetkellä tuotanto-organisaation potentiaalisin mahdollisuus vaikuttaa hankkeiden suunnitteluun. Valitettavasti palauteryhmän toteutus on kohdeyrityksen hankkeissa jäänyt vähäiseksi. (Haastattelu 4.)

2. Suunnittelu-aikataulu

2.1 Suunnittelun aikataulutus suunnittelijoiden näkökulmasta

Suunnittelu-aikataulu laaditaan yhteistyössä suunnittelunohjauksen ja suunnittelijoiden kesken. Pääasia suunnittelun aikatauluttamisessa on sopia suunnittelun pääkohdat eli milloin jokin asia tulee olla suunniteltuna. Tärkein tekijä suunnittelu-aikataulun laatimisessa on osapuolten lupauksen realistisuus. Kaikkien osapuolten on pystyttävä noudattamaan yhteisesti sovittua aikataulua. Suunnitteluun on osattava myös varata riittävästi aikaa suunniteltavan kohteen vaikeustasoon ja laajuuteen nähden. Aikataulun laatiminen on haasteellista, sillä kaikkia suunnittelussa vastaan tulevia haasteita voi kuitenkin olla mahdotonta ennustaa. Muita suunnittelu-aikatauluun vaikuttavia tekijöitä ovat suunnitteluryhmän yhteistyökyky, suunnitelmamuutokset, päätöksentekokyky ja suunnittelukokousten määrä. Suunnitteluryhmän välisen kommunikaation on toimittava, jotta suunnittelutyö voi edetä joutuisasti. Päätösten tekeminen on aikataulun kannalta erityisen tärkeää sekä tehdyissä päätöksissä pysyminen, olivat päätökset sitten hyviä tai huonoja. Samojen asioiden pohtiminen jokaisessa suunnittelukokouksessa on turhauttavaa kaikille osapuolille. Jotkin asiat saattavat kuitenkin vaatia suurempaa selvitystyötä ennen päätösten tekemistä, jolloin päätöksentekoa joudutaan siirtämään seuraavaan suunnittelukokoukseen.

Case-projektissa suunnittelukokousten määrä on pysynyt maltillisena ja kokouksissa on löydetty asioihin ratkaisuja. Suunnittelukokousten määrä saattaa joissakin kohteissa helposti kasvaa 20 kokoukseen per kohde. Tämä vie paljon suunnittelijoiden aikaa pois varsinaisesta suunnittelutyöstä. Aikataulun tehostamiseksi olisi tarkkaan mietittävä, mitä asioita kokouksissa on tarpeellista käsitellä ja missä vaiheessa kunkin osapuolen on järkevintä osallistua kokouksiin. Mitä enemmän kokouksia on ja mitä pidempi on kokousten kutsulista, sitä suuremmalla todennäköisyydellä kaikki osapuolet eivät pääse paikalle. Tärkeintä olisi kuitenkin saada käsiteltävien asioiden kannalta oikeat henkilöt paikalle kokouksiin.

Asetetuilla tavoitteilla ja huolellisesti tehdyllä hankesuunnitelmalla on suuri vaikutus suunnitelmamuutosten määrään. Huolellisesti tehdyn hankesuunnitelman avulla voidaan välttyä turhilta suunnitelmamuutoksilta. Tärkeintä on muistaa, että hankesuunnitelma ohjaa suunnittelua eikä toisinpäin. Case-projektin suunnittelu-aikataulussa on pysytty, vaikkakin suunnitelmiin on tullut jälkikäteen vielä muutoksia esimerkiksi vesikaton osalta. Vesikattosuunnitelmia päivitettiin tuotannon toiveesta.

Hankintasuunnitelman tulisi kulkea suunnittelu-aikataulun kanssa käsikädessä. Suunnittelu-aikataulun on tarkoitus ohjata hankintasuunnitelmaa, sillä mitään nimikettä ei voida

hankkia ennen suunnitelmien valmistumista. Suunnittelutyöhön on käytettävä riittävästi aikaa, jos tavoitteena on tehdä onnistuneita ja kustannustehokkaita hankintoja. Hutilointi suunnitteluvaiheessa kostahtuu hankkeen hankintavaiheessa. Hankintasuunnitelman ja suunnitteluajataulun välistä kommunikaatiota voidaan parantaa sitouttamalla osapuolet hankkeen alkuvaiheessa tehtyihin päätöksiin, sillä hankintavaiheessa tehtävät muutokset ovat työläitä toteuttaa. Rakennuslupalla ei voida soveltaa sellaista projektijohtamisen mallia, jossa kaikki päätökset pidetään avoinna. Prosessi vaatii päätösten tekemistä hyvin aikaisessa vaiheessa, jotta esimerkiksi rakennuslupaa voidaan hakea.

2.2 Suunnittelun aikataulutusta suunnittelunohjauksen näkökulmasta

Jokaiselle hankkeelle luodaan projektiaikataulu, joka pohjautuu kohdeyrityksen asunto- ja projektikehityksen referenssiaikatauluun. Projektiaikatauluun on sisällytetty sekä alkupään hanke- ja luonnossuunnittelu, että tietomallinnusprosessin aikataulu. L2-tasojen luonnosten lukitsemisen jälkeen, suunnittelu on tiukemmin aikataulutettu ja paremmin valvottavissa. Tämä vaihe vastaa perinteistä suunnitteluajataulua ja sisältyy myös projektiaikatauluun. Alkupään suunnittelutyö on riippuvainen kohdeyrityksestä ja kohdeyrityksen tehokkuudesta. Loppupään suunnittelutyö on riippuvainen suunnittelijoiden välisestä yhteistyöstä ja suunnittelunohjauksen tekemisestä päätöksistä. Suunnitteluajatauluun pohjautuu myös hankinnan hankintasuunnitelma. Hankintasuunnitelma voidaan tehdä aikaisintaan rakennuslupavaiheen tuntumassa, jolloin L2-tasoiset luonnokset on lukittu.

Kohdeyrityksen asuntoprojektikehityksen referenssiaikataulu pohjautuu mallintavaan suunnitteluun. Kaikki juridiset sopimukset, rakennusluvut, urakkakyselyt ja muut perustuvat kuitenkin edelleen paperisiin suunnitelmiin. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa on muistettava, että toistaiseksi suunnitelmat on tulostettava myös paperille. Paperikuvat ovat juridisia asiakirjoja, joiden pohjalta tehdään esimerkiksi urakkasopimus. Tietomalli ei sisällä paperikuvissa olevia tekstimuotoisia tarkennuksia vaan ne lisätään suoraan paperisiin kuviin. Paperikuvien tuottaminen on muistettava ottaa suunnittelun aikataulutamisessa huomioon. Tietomallipohjainen rakennuslupaprosessi on kokeilussa pääkaupunkiseudulla, mutta prosessissa on vielä monia ongelmakohtia ratkaistavana.

Aikataulussa pysyminen on haasteellista. Suunnitteluajataulua tulisi muokata niin kauan, että kaikki suunnitteluprosessin osapuolet sitoutuvat siihen. Täydellistä aikataulua on vaikea luoda, mutta yhdessä sovitusta aikataulusta on pidettävä kiinni. Aikataulun ja resurssien suhteen on oltava realistinen. Tämä koskee niin suunnittelijoita kuin kohdeyritystäkin. Aikataulun realismi on suurin aikataulun pitämiseen vaikuttava tekijä.

Aikataulu on oltava mahdollista saavuttaa. Aikataulussa pysyminen vaatii myös huolellista resurssien hallintaa. Pienissä yrityksissä resurssit ovat yleensä helpommin hallittavissa, mutta haasteena on realistinen suhtautuminen resurssien riittävyyteen. Jos resursseihin suhtaudutaan epärealistisesti, pienet yritykset myyvät itsensä helposti tukoon. Isommissa yrityksissä resursseja on käytettävissä enemmän, mutta saatavilla olevien resurssien taso ei välttämättä ole tiedossa. Isoissa yrityksissä suunnittelutyö hajautetaan yrityksen sisällä apusuunnittelijoiden ja suunnittelijoiden kesken, jolloin tiedonkulku yrityksen sisällä voi olla haaste.

Muita suunnittelun aikataulutukseen vaikuttavia tekijöitä ovat yrityksen sisäiset prosessit, päätöksenteko, suhdannevaihtelut ja suunnittelijoiden välinen kommunikointi. Yrityksen sisäisten prosessien vuoksi, esimerkiksi määrälaskenta, suunnittelua on aikataulutettava. Suunnitteluprosessin myöhästymisen aiheuttaa ketjureaktiona kohdeyrityksen sisäisten prosessien myöhästymisen ja mahdollisesti myös ulkoisten prosessien myöhästymisen. Tarpeen tullen on pystyttävä perustelemaan suunnitteluprosessin osapuolille, miksi asioita aikataulutetaan ja mitkä ovat seuraamukset, jos aikataulusta myöhästyään. Tämä ei välttämättä ole osapuolille itsestäänselvyys. Aikataulun perusteleminen voi tulla aiheelliseksi myös hankkeen muissa vaiheissa, esimerkiksi työmaan aikana.

Tuotannon organisaatio pitäisi saada paremmin mukaan suunnitteluprosessiin. Viimeistään lukittujen L2-tasojen luonnosten valmistumisen jälkeen olisi hyvä, jos kohteen vastaava mestari olisi palaverissa läsnä. Tällä hetkellä paikalla on käytännössä hankkeen työpäällikkö. Vastaava mestari saisi palaverien kautta paljon valmista taustatietoa kohteesta sekä mahdollisuuden vaikuttaa kohteen suunnitteluratkaisuihin. Jos tuotanto-organisaatio ei osallistu päätöksentekoon, jää päätösten tekeminen suunnittelunohjauksen vastuulle. Tietyt päätökset on tehtävä tai muuten prosessi pysähtyy. Tämä vaatii tietysti osapuolien sitouttamista. Aikatauluun vaikuttaa lisäksi päätettävän asian laatu. Kaikkiin asioihin ei aina voida antaa suoraa vastausta, vaan asiat vaativat tarkempaa paneutumista.

Suunnittelutyö on suunnittelijoiden yhteistyötä ja siksi suunnittelijoiden välinen kommunikointi on tärkeässä asemassa. Asioita pitää kysyä ja kysymyksiin pitää vastata, jotta prosessissa voidaan edetä. Jos suunnittelijat eivät keskenään löydä asiaan ratkaisua, suunnittelunohjauksen tehtävä on löytää vastaus kysymykseen tai keino vastauksen saamiseksi. Suhdannevaihtelu vaikuttaa varsinaisen rakentamisen lisäksi myös suunnittelutyöhön. Suunnittelutoimistot eivät välttämättä tarjoa uusia hankkeita, jos työkanta on täynnä.

3. Tietomallipohjainen suunnittelu

3.1 Tietomallinnusprosessi suunnittelijoiden näkökulmasta

Tietomallintaminen on mahdollistanut suunnittelutyön tehostamisen. Ennen tietomalleja suunnittelutyö oli todella hidasta, kun suunnittelijat eivät pystyneet toimiston sisällä työskentelemään reaaliaikaisesti samojen suunnitelmien parissa. Perinteisessä suunnittelussa suunnitelmat muodostuivat piirretystä digitaalisista viivoista. Mallintavassa suunnittelussa suunnitelmat/tietomalli muodostuvat tietoa sisältävistä objekteista.

Kuten suunnittelussa yleensäkin, myös tietomallipohjaisessa suunnittelussa on haasteensa. Mallintava suunnittelu mahdollistaa eri suunnittelualojen suunnitelmien yhdistämisen yhdeksi yhdistelmämalliksi, jonka avulla suunnitelmat on helpompi sovittaa yhteen ja tarkastella mahdollisia risteymäkohtia risteilytarkastelun avulla. Risteilytarkastelu tehdään Solibri Model Checker-ohjelmalla. Risteilytarkastelun tuloksena saadaan virheluettelo, jossa ilmenevät kaikki yhdistelmämallin toisiinsa törmäävät objektit. Tämä helpottaa suuresti risteymäkohtien havaitsemista ja mahdollistaa esimerkiksi suunnittelijoiden omien suunnitelmien risteilytarkastelun jo suunnitteluvaiheessa ennen varsinaisen yhdistelmämallin luomista. Risteilytarkastelussa on myös ongelmakohtia. Risteilytarkastelussa objektien hipaisukin lasketaan törmäykseksi, joten mallintamisessa on oltava erityisen tarkkana. Esimerkiksi talotekniikkasuunnittelussa on muistettava mallintaa myös putkien ympärille tulevat eristeet, jotta tietomallista nähdään putken todellisuudessa tarvitsema tila. Risteilytarkastelussa lasketaan virheeksi myös sellaiset objektien törmäilyt, joiden kuuluukin törmätä keskenään. Tällaisia ovat esimerkiksi välipohjan läpäisevät putket. Talotekniikkapuolella ongelmia aiheutuu myös piirrosmerkkien mittakaavasta. Piirrosmerkit saattavat olla nelinkertaisia todelliseen kokoonsa verrattuna, mikä saattaa aiheuttaa helposti turhia törmäyksiä. Tämän vuoksi saatetaan joutua tekemään niin sanottuja valekorjauksia, jotta risteilytarkastelu saadaan toimimaan.

Suunnittelujärjestyksestä ja suunnitelmien yhteensovittamisesta aiheutuu jonkin verran haasteita ja lisätyötä suunnittelijoille. Talotekniikkasuunnittelijat tekevät omat suunnitelmansa arkkitehdin pohjien päälle. Jos arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan suunnitelmia ei ole vielä sovitettu yhteen, voi tästä aiheutua lisätyötä talotekniikkasuunnittelussa. Talo rakennetaan loppujen lopuksi rakennekuvien perusteella, joten talotekniikan objektien tulee sopia yhteen myös rakennekuvien kanssa. Arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan suunnitelmien päivittyessä joutuvat talotekniikkasuunnittelijat usein siirtämään uudelleen omia objektejaan. Esimerkiksi alakattokorkojen tai seinien paksuuden muuttuessa, joudutaan kaikki talotekniikan objektit siirtämään uuteen paikkaan. Arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan on otettava talotekniikan vaatimat varaukset suunnitelmissaan huomioon, mutta häntäpäässä tehtävä talotekniikkasuunnittelu, ei saisi toteutua turhan aikaisin.

Tässä on pientä ristiriitaa suunnittelusopimusten maksuerätaulukoihin liittyen. Suunnittelusopimusten maksuerätaulukot on sidottu luonnossuunnitelmien valmistumiseen, minkä vuoksi luonnossuunnitelmat pyritään saamaan valmiiksi mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Näillä suunnitelmissa on harvoin mitään tekemistä lopullisten suunnitelmien kanssa. Tämä vaihe onkin rivisuunnittelijoiden kannalta hieman turha, koska työ joudutaan kuitenkin tekemään uudestaan.

Suunnitteluun ja tietomallin tarkasteluun käytettävät ohjelmistot tuovat tietomalliprosessiin myös omat haasteensa. Projektin toteutusaika on yleensä pitkä, joten ohjelmistopäivityksiä ehtii projektin aikana tulla helposti 15 kappaletta. Tämä tekee tietomallin ylläpitämisestä työlästä. Suunnitteluohjelmissa on myös puutteita. Kaikkia rakennusosia varten ei löydy suunnitteluohjelmista valmiita objekteja. Esimerkiksi talotekniikkasuunnittelussa joudutaan jättämään joitakin rakennusosia mallintamatta tai ne mallinnetaan itse. Osa syy on varmasti laitevalmistajissa, jotka eivät ole halukkaita antamaan laitetietoja suunnitteluohjelmalle. Tämä on mitä luultavammin kustannuskysymys. Itse mallinnetut objektit eivät hyödytä määrälaskentaa millään tavalla, sillä itse mallinnetut objektit eivät sisällä tietoa. Tietojen syöttäminen käsin itse mallinnettuihin objekteihin on käytännössä mahdollista, mutta siihen nähtävä vaiva ei välttämättä ole kannattavaa siitä saatavaan hyötyyn nähden. Suunnitteluohjelmistot eivät talotekniikkapuolella myöskään tue usean objektin siirtämistä samanaikaisesti. Suunnitelmapäivityksissä, esimerkiksi alakattokoron muuttuessa, jokainen objekti on siirrettävä yksitellen uuteen korkoon. Myös tietomallin tarkasteluun käytettävässä Solibri Model Checker-ohjelmassa on vielä puutteita. Ohjelmalla tehtävä mallintarkastus ei esimerkiksi huomioi ovien kätisyyksiä. Mallintarkastus ei myöskään tunnista, jos esimerkiksi patteri on sijoitettu ikkunan eteen niin, että ikkuna ei pääse aukeamaan.

Mallintavan suunnittelun tärkeimpiä hyötyjä ovat suunnitelmien havainnollisuus ja suunnitelmista saatava määrätieto. Suunnitelmien havainnollisuus on erityisen tärkeää, sillä oikeiden ihmisten on pystyttävä ottamaan kantaa suunnitelmiin oikeassa hankkeen vaiheessa. Tämä edellyttää sitä, että suunnitelmat ovat tarpeeksi havainnollistavia. Määrätiedon osalta on tärkeää, että tietomallin tietosisältöä osataan hyödyntää oikea-aikaisesti.

Mallintavan suunnittelun prosessia olisi mahdollista tehostaa muun muassa ottamalla tuotannon näkökulmaa suunnittelussa enemmän huomioon ja panostamalla alkupään suunnitelmiin. Mahdollisimman valmiit ja muuttumattomat suunnitelmat mahdollisimman aikaisessa vaiheessa jouduttaisivat mallinnusprosessia. Suunnittelussa voi kuitenkin tulla vastaan sellaisia asioita, joita aiemmin ei ollut mahdollista huomata ja niitä joutu-

taan vielä jälkikäteen muuttamaan. Varsinkin, jos suunnitelmat on lyöty todella varhaisessa vaiheessa lukkoon. Kuitenkin suunnittelun päälinjat pitäisi pystyä lukitsemaan mahdollisimman aikaisin. Jotta kaikki hankkeen osapuolet pystyvät sitoutumaan alkuvaiheessa tehtyihin päätöksiin, on heillä oltava mahdollisuus tutustua ja vaikuttaa suunnitelmiin suunnittelun alkuvaiheessa. Erityisesti tuotannon organisaatio olisi hyvä saada mukaan hankkeeseen jo suunnitteluvaiheessa, sillä he tietävät suunnitteluratkaisuiden käytännön toimivuudesta parhaiten. Yleensä toteutettavuuteen liittyvät ongelmat tulevat esille vasta rakennusvaiheessa. Työmaalla ilmenevät ongelmat harvoin päätyvät suunnittelijoiden tietoon. Tällainen käytännön palaute on kuitenkin suunnittelijoille kullan arvoista tietoa. Sen avulla pystytään jatkossa välttämään vastaavanlaiset suunnitteluvirheet ja kehittämään parempia suunnitteluratkaisuja. Aina tuotannon osallistuminen hankkeen suunnitteluvaiheeseen ei ole mahdollista, mutta kokenut suunnittelunohjaaja osaa puoltaa tuotantoa miellyttäviä suunnitteluratkaisuja. Suunnittelunohjauksen tehtävä onkin ohjata suunnittelijoita oikeaan suuntaan. Suunnittelijat ovat työkaluja, joiden tehtävä on pyrkiä parhaansa mukaan tarjoamaan mahdollisimman toimivia ja kustannustehokkaita suunnitteluratkaisuja.

3.2 Tietomallinnusprosessi suunnittelunohjauksen näkökulmasta

Kohteen tietomallinnusprosessi alkaa kohteen tietomallinnuksen aloituspalaverista. Palaverin runko on pitkälti määritelty kohdeyrityksen puolesta, mutta palaverissa käydään läpi myös käytettäviin ohjelmistoihin ja hankkeeseen liittyviä seikkoja sekä muita mallinnuksessa huomioitavia asioita. Pohjana toimii pitkälti kohdeyrityksen yleinen tietomalliohjeistus. Poikkeusmenettelyjä voidaan sopia tarvittaessa. Tietomallinnus on viety kohdeyrityksessä pitkälle ja mallintaminen on vakiomuotoista. Suunnittelijoille haasteita aiheuttavat yritysten erilaiset tietomalliohjeistukset. Kaikki ohjeistukset pohjautuvat pitkälti yleisiin tietomallivaatimuksiin (YTV 2012), mutta mukana on tietysti yritysten omia tarkennuksia. Haasteena on eri vaatimusten noudattaminen, kun suunnittelutyötä tehdään yhtä aikaa eri yrityksille ja talon sisällä monet eri suunnittelijat työstävät samaa tietomallia.

Kohdeyrityksen tietomallipohjaiset hankkeet eroavat toisistaan pohjarakentamisen mallintamisessa. Asuntokohteissa pohjarakentamisesta on vaadittu mallinnettavaksi ainoastaan valmiin pinnan tasaus. Yksittäisessä asuntokohteessa pohjarakenteiden mallintamisella ei saada rahallista hyötyä. Asuntokohteissa tietoa saadaan riittävällä konetyötarkkuudella perinteisinkin keinoin. Pohjarakenteiden mallinnus tulee kysymykseen kohteissa, joissa maata kaivetaan isommin. Tietomallista saadaan tällä hetkellä tuotettua jo paljon määrätietoa, kunhan tietomallinnuksessa on noudatettu annettuja ohjeistuksia.

Kokenut määrälaskija kuitenkin tarkistaa tietomallipohjaiset määrät vielä vertaamalla niitä paperikuvista saatuihin määriin. Kokenut määrälaskija osaa myös tunnistaa tavallisen asuntohankkeen tunnusluvut ja pystyy näiden perusteella huomaamaan määrissä mahdolliset puutteet. Tärkeintä olisi määrittää vastuuhenkilö tietomallin oikeellisuuden tarkastamiseen.

Yksi tietomallintamisen mahdollisuuksista on törmäystarkastelu. Törmäystarkastelu mahdollistaa suunnitelmien tietyntyyppisen virheettömyyden. Jo hankkeen alkuvaiheessa voidaan tehdä eri suunnittelualojen suunnitelmien törmäystarkastelu. Tämä helpottaa suunnitelmien päällekkäisyyksien tarkastelua. Tietomallipohjainen törmäystarkastelu on kuitenkin hyvin armoton, sillä se näyttää kaiken mahdollisen objektien välisen törmäilyn. Törmäystarkasteluun on kuitenkin mahdollista luoda ohjeita ja sääntöjä, joiden avulla esimerkiksi tarkoituksenmukaisia törmäyksiä voidaan jättää tarkastelussa huomiotta. Törmäystarkastelu edellyttää myös mallintamisen oikeellisuutta. Jos tietomallissa on puutteita, ei törmäystarkastelun tuloksiin voida täysin luottaa. Esimerkiksi sprinklerisuunnitelmat puuttuvat usein vielä alkuvaiheessa ja eivät siksi ole tarkastelussa mukana. Suunnittelussa luotetaan siihen, että sprinklerit pystyvät väistelemään muuta talotekniikkaa. Kaikkien suunnittelualojen pitäisi kuitenkin olla tarkastelussa mukana, jotta lopputulos olisi täysin luotettava.

Yhtenä haasteena mallintamisessa on arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan suunnitelmien geometrian yhteensovittaminen. Geometrian yhteensovittaminen on suunnittelussa erittäin oleellinen vaihe. Geometrian yhteensovittamisessa arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan tietomallit asetetaan päällekkäin ja tarkistetaan esimerkiksi aukotusten yhteensovivuus. Tämän jälkeen geometriaa ei saa enää muuttaa, mikä vaatii suunnittelijoilta kurinalaisuutta. Yhteensovituksessa saatetaan kohdata esimerkiksi sellaisia tilanteita, joissa arkkitehdin tietomallissa tila on avoin ja rakennemallissa tilan keskellä on pilari. Tämä muuttaa huomattavasti tilan käyttötarkoitusta. Geometrian yhteensovitus on tärkeää, sillä talo rakennetaan käytännössä rakennesuunnittelijan rakennemallin mukaisesti. Jos arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan tietomallit eivät ole keskenään yhtenevät, saatetaan rakentamisen aikana kohdata ristiriitatilanteita, jotka vaikuttavat rakennustöiden etenemiseen. Yhteensovitus on käytännössä suunnittelijoiden vastuulla, mutta suunnittelunohjaajan on hyvä varmistaa, että yhteensovitus on varmasti tehty. Oikea-aikainen tarkastelu on myös tärkeää, sillä yhteensovittamisen jälkeisistä muutoksista joudutaan maksamaan lisähinta.

Päätösten tekeminen on prosessin avaintekijä. Tämä koskee erityisesti rakennusyritystä. Päätösten tekeminen hankkeen alkuvaiheessa on tärkeää ja tehtyihin päätöksiin on sitouduttava. Muutokset aiheuttavat moninkertaisen työn, kun kaikkien suunnittelualojen

suunnitelmat joudutaan muutoksen osalta päivittämään. Esimerkiksi pohjaratkaisuihin liittyvät päätökset on pystyttävä tekemään hankkeen alkuvaiheessa.

Tietomallintamisen saralla on tällä hetkellä meneillään suuri murros. Aikaisemmin oli suunnittelijoita, jotka osasivat suunnitella ja mitoittaa, mutta eivät mallintaa. Lisäksi oli suunnittelijoita, jotka osasivat mallintaa. Yhteistyö näiden suunnittelijoiden välillä aiheutti riskin suunnitteluun. Nyt suunnittelijat alkavat kokemuksen myötä hallita kaikki suunnittelun osa-alueet. Sama ilmiö näkyy myös työmaalla tietomallin hyödyntämisen kanssa. Nuorempi sukupolvi tuo tietomalliosaamisen tullessaan. Esimerkiksi mittamiehelle tietomalli on työmaalla erittäin hyödyllinen työkalu. Ilman tietomallia työskentelevät mittamiehet eivät pysy rakentamisen vauhdissa. Tämä edellyttää tietysti vaatimukset täyttävää ja ohjeistuksen mukaista tietomallia.

Suunnittelijoilta vaaditaan osaamisen lisäksi myös aikaisempaa enemmän tarkkuutta. Esimerkiksi talotekniikassa vaaditaan tietämystä talotekniikan tilantarpeesta, joka ei välttämättä ole aivan yksiselitteinen. Talotekniikalle on osattava varata suunnitelmissa tarpeeksi tilaa, ottaen huomioon kaikki talotekniikkaan kuuluvat osat, kuten putkien eristeet ja kannakkeet. Rakennusvaiheessa ilmenee ongelmia, jos talotekniikalle on suunnitelmissa varattu liian vähän tilaa, kun todellisuudessa tekniikka ei mahdukaan paikalleen. Talotekniikalle ei myöskään saa varata liian paljoa tilaa, sillä silloin alakatto sijoittuu turhaan liian alas. Suunnittelijoiden osaamista vaaditaan myös suunnitteluohjelmistojen osalta, sillä ohjelmistoissa on jonkin verran eroavaisuuksia.

3.3 Nimikkeiden mallintaminen suunnittelijoiden näkökulmasta

Jokaisella suunnittelualalla on olemassa nimikkeitä, joita ei syystä tai toisesta mallinneta tai joiden mallintamiseen liittyy erinäisiä haasteita. Sähkösuunnittelussa saatetaan jättää jokin rakennusosa mallintamatta, sillä sen tarkkaa sijaintia ei tiedetä. Tällainen rakennusosa jätetään mallintamatta, jotta se ei turhaan aiheuta mahdollisia törmäyksiä muiden objektien kanssa. Tyypillinen esimerkki tällaisesta rakennusosasta on huoneistokohtaisen ilmastointikojeen pistorasia. Pistorasia sijaitsee alakaton yläpuolella ja se asennetaan yleensä paikkaan, johon se sattuu asennushetkellä sopimaan. Tällaisen rakennusosan mallintaminen ei hyödyttäisi ketään. Johtoja ei myöskään sähkösuunnittelussa mallinneta. Arkkitehtisuunnittelussa jätetään mallintamatta erilaiset listat ja kaatolattiat. Listoja ei mallinneta, sillä niitä tiedetään tulevan taloon joka tapauksessa paljon. Kylpyhuoneiden kaatolattioita ei mallinneta, sillä kaatolattioiden mallintaminen sotkee suunnitteluohjelmassa kylpyhuoneen lattian laatoituskuvion. Rakennesuunnittelussa ei mallinneta raudoituksia muuta kuin leikkauskuviin. Ohjelmasta löytyy valmiudet raudoituksen mallintamiseen kokonaisuudessaan, mutta mallintaminen olisi todella työlästä ja tekisi tietomallin käyttämisestä kankeaa.

LVIA-suunnittelussa ei mallinneta asuntojen viemärikaatoja, pesualtaita tai pesualtaiden viemäreitä sekä putkisto- ja kanavakannakkeita. Asuntojen viemärikaadot mallinnetaan suorina, sillä lyhyillä matkoilla kaadot eivät toimi suunnitteluohjelmassa. Isot viemärit ja rungot mallinnetaan kaadolla. Pesualtaita ja niiden viemäröintiä ei mallinneta, koska oletetaan, että viemäröinti osataan johtaa lattiakaivoon ilman mallintamistakin. Lisäksi suunnitteluohjelmassa ei ole olemassa pesualtaan viemäröintiin valmista objektia. Putkisto- ja kanavakannakkeita ei mallinneta, koska niihinkään ei löydy suunnitteluohjelmasta valmiita objekteja. Tästä syystä putket näyttävät leijuvan tietomallissa ilmassa. Arkkitehtimallissa ja LVI-mallissa on jonkin verran päällekkäisyyksiä. Esimerkiksi hanat ja WC-pöntöt löytyvät molemmista malleista ja näkyvät yhdistelmämallissa päällekkäin. LVI-mallissa on mallinnettuna ne tuotteet, jotka tulevat lopulliseen rakennukseen. Pohjarakenteiden mallintamista ei case-projektissa vaadittu.

3.4 Suunnitelmien tuottaminen ja suunnitelmamuutokset suunnittelijoiden näkökulmasta

Suunnitelmat tuotetaan pääsääntöisesti mallintamalla. Case-projekti on mallinnettu kaikkien suunnittelualojen osalta, pois lukien pohjarakennesuunnittelu, jonka mallintamista ei kohteessa vaadittu. Kaikilla muilla suunnittelualoilla suunnittelu tehdään mallintamalla ja perinteisten suunnitelmien tuottaminen tapahtuu tulostamalla jokin tietomallin näkymä PDF-tiedostoksi. Perinteiset suunnitelmat syntyvät periaatteessa mallintamisen ohessa. Tilanteesta riippuen jompikumpi, perinteiset suunnitelmat tai tietomalli, on ylimääräinen. Jos kyseessä ei ole mallinnettava kohde, ei mallintamista turhaan tehdä liian tarkasti. Esimerkiksi talotekniikkasuunnittelussa tietomalli syntyy tiedostomuotoa vaihtamalla. Suunnitelmat piirretään tasoon, johon määritetään rakennusosien korkeusasemat. Export-toiminnolla suunnitelma saadaan siirrettyä IFC-muotoon ja se voidaan viedä yhdistelmämalliin. Rakennesuunnittelussa raudoituskuvat piirretään edelleen kaksiulotteisina. Case-projektissa elementit piirrettiin perinteisin menetelmin, sillä niiden mallintamista ei kohteessa vaadittu.

Tietomallin päivittämistiheys sovitaan projektikohtaisesti. Suunnittelukokouksien yhteydessä sovitaan päivämäärä, johon mennessä jokainen suunnitteluala päivittää omat suunnitelmansa. Tietomallin päivitystiheys on riippuvainen sovituista päivämääristä, ei esimerkiksi suunnitelmamuutosten määrästä. Keskenäisten suunnitelmien päivittäminen ei hyödyttäisi projektin osapuolia. Asukasmuutoksien päivittäminen suunnitelmiin vaihtelee suunnittelualoittain. Arkkitehtisuunnittelussa asukasmuutosten päivittäminen suunnitelmiin riippuu muutoksen laadusta. Pienempiä muutoksia ei päivitetä sen hetkiin suunnitelmiin, vaan muutokset piirretään kuviin työmaalla. Pienemmät muutokset päivitetään vasta toteutussuunnitelmiin. Isommat muutokset päivitetään suunnitelmiin

heti. Asukasmuutokset harvoin vaikuttavat kantaviin rakenteisiin, joten rakennesuunnittelussa niitä harvoin päivitetään suunnitelmiin. Jos kantaviin rakenteisiin tulee muutoksia, ne mitoitetaan ja päivitetään suunnitelmiin. Elementteihin vaikuttavat muutokset, esimerkiksi pistorasiamuutokset, päivitetään suoraan elementtikuviin. Talotekniikkasuunnittelussa asukasmuutosten mallintaminen on tarkempaa, sillä muutokset on yleensä mitoitettava. Kaikki muutokset päivitetään suunnitelmiin.

4. Roolit hankintaprosessissa

4.1 Hankintaprosessin roolit hankinnan, laskennan ja tuotannon näkökulmasta

Hankinnan tehtävä hankintaprosessissa on vetää punaista lankaa koko prosessin lävitse. Hankinnan tehtävä on kerätä tarvittava informaatio ja lähtötiedot hankintoja varten, jotta prosessi pystytään toteuttamaan. Yksi hankinnan päätehtävistä on huolehtia hankintaprosessin toiminnasta ja läpinäkyvyydestä sekä siitä, että hankinnoissa toimitaan hankintaprosessin sekä tutkimuksen kohdeyrityksen sisäisten sertifikaattien ja auditointien mukaisesti. Hankinnalla on myös joitakin tehtäviä hankkeissa jo ennen hankintaprosessia. Hankintaprosessi alkaa hankintasuunnitelman luomisella. Hankintapäällikkö laatii hankintasuunnitelman kohdeyrityksen hankintajärjestelmään, jolla myös itse hankinnat tehdään. Hankintasuunnitelmaa tehtäessä on tärkeää huomioida erilaisten materiaalien toimitusajat. Erilaisten materiaalien hankintaan on osattava varata tarpeeksi aikaa, sillä jotkin materiaalit vaativat paljon pidemmän toimitusajan kuin toiset. Hankinnan valmisteluvaiheessa hankinta, laskenta ja tuotanto toimivat yhtenä ryhmänä.

Laskennan rooli hankintaprosessissa on ennakkotarjousten kysely yhteistyössä hankinnan kanssa, kohdeyrityksen omaperustaisten rakennuskohteiden määrälaskenta sekä määrien tarkistaminen esimerkiksi elementtihankinnoissa. Kohteen määrät lasketaan hankkeen alkuvaiheessa laskennan toimesta ja kohde hinnoitellaan kertaalleen. Laskenta määrittää tavoitehinnat eri hankintanimikkeille sekä hankintanimikkeiden toimitus sisällöt. Näissä laskennan määrittämissä raameissa hankintayksikkö toimii.

Tuotannolla on suhteellisen iso rooli hankintaprosessissa. Tuotannon ja hankinnan yhteistyöllä on hankinnoissa merkittävä rooli. Kaikki aikataulutieto ja hankintojen muut lähtötiedot, kuten määrä- ja kustannustieto sekä suunnitelmat, tulevat tuotannosta hankintaan. Tuotantoinsinöörit kasaavat hankintojen lähtötiedot työmaalla hankintaa varten. Samoin viimeiset yksityiskohdat, kuten toimitussisällön oikeellisuus, tarkistetaan työmaalta, kun hankintapakettia kootaan. Hankinta ottaa tuotannon mielipiteen huomioon hankintoja tehtäessä ja erilaisia vaihtoehtoja vertailtaessa. Tuotantoinsinööreillä on myös paljon omia hankintanimikkeitä eli niin sanottuja työmaahankintoja, jotka hankitaan

työmaalla. Määrällisesti työmaan hankintanimikkeiden osuus on suhteellisen suuri, mutta euromäärällisesti hankintayksikkö tekee suurimmat hankinnat. Tätäkin kautta tuotannolla on suuri rooli hankintaprosessissa. Tuotanto onkin oikeastaan mukana kaikissa hankintaprosessin vaiheissa yhteistyössä hankinnan kanssa. Suurin rooli tuotannolla on hankinnan ohjaus- ja valvontavaiheessa.

4.2 Hankinnan vaatimukset laskennalle hankintaprosessissa

Määrätieto on hankinnalle hankintaprosessissa äärimmäisen tärkeää. Hankinnan vaatimukset laskennalle hankintaprosessissa riippuvat siitä, missä kohtaa hankintaprosessia liikutaan. Hankinta ja laskenta elävät ikuisessa symbioosissa: ilman toista ei ole toista. Tärkeintä, mitä laskenta voi hankinnalle antaa hankintaprosessissa, on luotettava määrätieto. Laskennassa ongelmia voivat aiheuttaa omaan määrätietoon luottaminen sekä hinnoittelun tarkistaminen. Kohteiden laskennassa on oltava mukana kaikki rakenteisiin liittyvät lisäkustannukset, pelkkä rakenteen raakahinta ei riitä. Tämä vaatii laskentahenkilöstöltä kokemusta ja osaamista. Välillä asioita joudutaan valitettavasti arvaamaan.

Tärkeää hankinnalle on myös tieto siitä, mitä on laskettu ja milloin, sillä suunnitelmamuutoksia tulee paljon. Tässä auttavat laskentamuistiot. Laskentamuistioista pystytään näkemään, milloin kyseiset määrät on laskettu. Jos muutoksia on tämän jälkeen tullut, ei niitä ole kyseisissä määrissä huomioitu. Koska hankinta ja laskenta tekevät tiivistä yhteistyötä, on tärkeää, että apua on aina saatavilla puolin ja toisin. Tällä hetkellä laskennassa hyödynnetään esimerkiksi tietomalleja enemmän kuin hankinnassa, sillä laskentahenkilöstöllä on parempi tietomalliosaaminen kuin hankinnalla.

5. Tietomallien hyödyntäminen hankintaprosessissa

5.1 Tietomallien hyödyntäminen määrälaskennassa laskennan näkökulmasta

Laskennan näkökulmasta tietomallia hyödynnetään lähinnä visuaalisena työkaluna ja määrälaskennassa perinteisten suunnitelmien tukena. Määrälaskennassa osa määräistä lasketaan tietomallipohjaisesti, mutta suurin osa määräistä tarkistetaan perinteisistä suunnitelmista. Perinteisistä suunnitelmista ei välttämättä saada tarpeeksi kattavaa kuvaa rakenteesta, koska kyseessä on vain yhden tason leikkaus. Tietomallista saadaan tällaisessa tilanteessa parempi käsitys rakenteesta. Tietomallin hyödyntäminen määrälaskennassa visuaalisena työkaluna hyödyttää perinteistä määrälaskentaa: vaikka tietomallista ei laskettaisi määriä laisinkaan, olisi määrälaskenta perinteisistä suunnitelmista silti laadukkaampaa, jos tietomalli toimii perinteisten suunnitelmien visuaalisena tukena. Tietomallista voidaan laskea suoraan määriä jostakin yksinkertaisesta osasta, jos osa näyttää visuaalisesti oikeanlaiselta. Määriä voidaan määrälaskennassa tarkistaa puolin ja

toisin perinteisistä suunnitelmista ja tietomallista. Esimerkiksi nimeämisvirheiden vuoksi tietomallipohjaisessa määrälaskennassa saattaisi muuten jäädä jokin osa laskematta. Koska tietomalli ei ole täydellinen, käytetään sitä tietoa, joka tietomallista on saatavissa. Kaikki tieto on aina hyvä tarkistaa ja määrälaskennassa oman työn itselle luovutus onkin tärkeässä roolissa.

Tietomallintamisessa on olemassa vielä tiettyjä rajoitteita ja haasteita, joiden vuoksi malleja ei voida vielä käyttää määrälaskennassa määrien pääasiallisena laskentaperusteena. Näitä ovat sopimustekniset asiat, viranomaisten vaatimukset, mallintamisen puutteet sekä tietomallien laatu. Sopimustekniset asiat eivät vielä käsitä tietomalleja, joten tietomalli ei tällä hetkellä ole juridisesti yhtä pätevä kuin perinteiset suunnitelmat. Esimerkiksi Rakennusalan yleiset sopimusehdot (YSE 1998) eivät käsitä tietomallia. Tulevaisuudessa perinteiset suunnitelmat ja tietomallit ovat juridisesti yhtä päteviä. Viranomaiset vaativat dokumentaation edelleen perinteisillä suunnitelmilla. Tietomallipohjainen rakennuslupakäsittely on ollut kokeilussa pääkaupunkiseudulla. Siinä vaiheessa, kun tietomallit saadaan sovittua valtakunnallisesti mukaan yleisiin suunnittelusopimuksiin, päästään lähemmäs tilannetta, jossa tietomallia voidaan käyttää määrälaskennan pääasiallisena lähteenä. Viranomaisilla onkin tässä suuri vetovastuu: niin kauan, kun viranomaiset vaativat perinteisen suunnitelmien dokumentaation, asiassa ei päästä eteenpäin. Lisäksi on vielä olemassa suunnitelmia, jotka toteutetaan perinteisin keinoin, vaikkakin perinteisten suunnitelmien pitäisi tällä hetkellä pohjautua tietomalliin. Esimerkiksi rakennesuunnittelussa raudoituskuvat piirretään edelleen kaksikulotteisina.

Vuoden 2018 aikana tietomallin laatu on kiinnitetty kohdeyrityksen suunnittelusopimukseen ja tietomallinnusprosessiin. Tämä tulee jatkossa näkymään tietomallien laadussa. Case-projekti toteutettiin vielä vanhalla suunnittelusopimusten maksuerätaulukolla, johon tietomallin laatua ei vielä ole sidottu. Esimerkiksi talotekniikkasuunnittelun tietomallit ovat laadultaan tällä hetkellä jo todella hyvällä tasolla. Talotekniikan alihankkijat eivät valitettavasti vielä hyödynnä tietomalleja omassa toiminnassaan, vaan käyttävät urakalaskennassa omia urakalaskentaohjelmistojaan. Urakalaskennassa työn osuudella on suurempi merkitys kuin materiaalien osuudella. Urakalaskentaohjelmistoihin on ajettu alihankkijoiden työehtosopimusten mukaiset työn hinnat. Törmäystarkastelu on talotekniikan tietomalleista suurin saatava hyöty. Törmäystarkastelun avulla voidaan edistää rakennettavuutta. Tästä syystä talotekniikan mallintaminen on kuitenkin erityisen tärkeää, vaikka alihankkijat eivät tietomalleja vielä toiminnassaan hyödynnä.

5.2 Tietomallien hyödyntäminen case-projektin määrälaskennassa

Tapauksittain kohteen määrälaskennassa hyödynnettiin kohdeyrityksen ulkopuolista määrälaskentatoimistoa, joten kohteen määrät eivät ole kohdeyrityksen laskentayksikön laskemia. Määrälaskenta on toteutettu kohteen tietomallin pohjalta. Haasteita laskennassa kohdattiin esimerkiksi elementtien laskennassa. PDF-muotoisen rakennesuunnitelman, rakennemallin ja PDF-muotoisen arkkitehtisuunnitelman välillä ilmeni risiititöitä. Tämä aiheutti ongelmia elementtitehtaan määrälaskennassa. Elementtien määrälaskenta tehtiin tietomallin pohjalta kohdeyrityksen laskentayksikön toimesta ennen kohteen varsinaista määrälaskentaa elementtien ennakkotarjouskyselyä varten. Saatua määriä verrattiin ulkopuolisen määrälaskentatoimiston määriin. Ero määrien välillä ei ollut suuri. Elementtien määriä on sittemmin tarkennettu suunnitelmamuutosten myötä. Esimerkiksi hissikuiluelementit muutettiin väliseinäelementeiksi ja lisäksi on tullut joitakin rauditusmuutoksia.

Ulkopuolisen määrälaskentatoimiston määristä puuttuivat lattiatasoitteen määrät kokonaan. Tämä kuitenkin huomattiin kohdeyrityksen laskentayksikössä ja korjattiin. Case-projekti on toteutettu vielä vanhalla suunnittelusopimusten maksuerätaulukolla, johon tietomallin laatua ei ole vielä sidottu. Vuonna 2019 alkavissa kohteissa painopiste tulee olemaan tietomallien laadussa.

5.3 Tietomallien hyödyntäminen hankintaprosessissa hankinnan näkökulmasta

Hankintaprosessissa hankinta hyödyntää tietomallia lähinnä urakkaneuvotteluissa visuaalisena työkaluna. Jonkin verran tietomallia hyödynnetään myös määrälaskennassa. Urakkaneuvotteluissa, varsinkin työurakkaosuuksissa, tietomallin hyödyntäminen on tärkeää. Tietomallin avulla pystytään urakkaneuvotteluissa tarkastelemaan jotakin rakennuksen kohtaa tarkemmin. Tietomalli toimii urakkaneuvotteluissa visuaalisena työkaluna sekä hankintaa että alihankkijaa varten, sillä tietomallin tarkastelun avulla voidaan varmistua siitä, että molemmat osapuolet varmasti ymmärtävät käsiteltävän asian samalla tavalla. Tietomalli auttaa muutenkin kohteen hahmottamisessa. Suunnitelmien lukutaito on tärkeää ja sen oppiminen vie aikaa. Hyvästä suunnitelmien lukutaidosta huolimatta perinteisistä kuvista ei välttämättä saada samaa informaatiota kuin tietomallista.

Tietomallipohjaiseen määrätietoon ei luoteta vielä niin paljon, että tietomallia voitaisiin lähettää tarjouspyynnön liitteenä tai tarjouspyynnön määriä uskallettaisiin pohjata tietomalliin. Tietomallia ei vielä voida siirtää visuaalisesta työkalusta kaupalliseksi määräluettelon tyyppiseksi asiakirjaksi. Tietomallin lähettämistä tarjouspyynnön liitteenä kohteen

visuaalista tarkastelua helpottamaan on kokeiltu, mutta silloin tarjouspyynnössä on erikseen mainittu, että tietomalli on ainoastaan visuaalista tarkastelua varten. Erityisesti tyyppi- ja nimeämisiongelmat aiheuttavat epäluotettavuutta tietomallipohjaiseen määrätietoon. Tästä syystä hankinnassa harvoin lasketaan määriä tietomallista. Jos tietomallin laatu olisi täydellinen, ei ulkopuolisille määrälaskentayrityksille olisi enää tarvetta.

Yksi syy tietomallin vähäiseen hyödyntämiseen hankinnoissa tietomallin määrätiedon epäluotettavuuden lisäksi on hankintahenkilöstön vähäinen tietomalliosaaminen. Tietomalleja ei lähtökohtaisesti osata käyttää, tietomalleja ei uskalleta käyttää tai ajanpuutteen vuoksi tietomalleja ei ehditä käyttää. Kohdeyrityksen sisällä on järjestetty hankintahenkilöstölle kohdistettuja tietomallikoulutuksia. Koulutuksessa opitut taidot unohtuvat kuitenkin nopeasti, jos tietomalleja ei hyödynnetä jokapäiväisessä työssä.

5.4 Tietomallien hyödyntäminen hankintaprosessissa tuotannon näkökulmasta

Tällä hetkellä tietomallin hyödyntäminen hankintaprosessissa tuotannon osalta on melko vähäistä. Joidenkin hankintanimikkeiden tarjouspyyntövaiheessa saatetaan tehdä määrälaskentaa tietomallipohjaisesti. Lisäksi urakkaneuvotteluissa ja urakoiden aloituspalaverissa saatetaan tarkastella yksityiskohtia tietomallin avulla tarkemmin esimerkiksi talotekniikkaurakoiden osalta. Talotekniikkahankinnoissa tietomallia hyödynnetään tällä hetkellä eniten. Muuten tietomallia hyödynnetään hankinnoissa hyvin vähän.

Tietomalliohjelmiston käyttöä ei vielä hallita kovin hyvin. Tietomallia käytetään enemminkin kohteen kokonaiskuvan hahmottamiseen, eikä niinkään hyödynnetä yksittäisissä hankinnoissa. Tietomalli toimii visuaalisena tukena ja apuna suunnitelmien hahmottamisessa. Jos tietomallista lasketaan määriä, määriä verrataan yleensä vielä kaksiulotteisista suunnitelmista saatuihin määriin. Suoraan tietomallista otettuihin määriin ei vielä uskalleta täysin luottaa ilman, että määrät tarkistetaan paperikuvista.

Tietomallipohjaiseen määrätietoon ei vielä täysin uskalleta luottaa, vaan luotetaan edelleen perinteisistä suunnitelmista laskettuun määrätietoon. Tulevaisuudessa suunnitelmat varmaankin pyörivät pelkästään tietomallin ympärillä, mutta tällä hetkellä tietomalli on luottamuspuolan vuoksi vielä paperikuvien tukitoiminto. Tällä hetkellä, ainakin työmaahankinnoissa, määrien laskeminen on nopeampaa ja helpompaa paperikuvista kuin tietomallista. Tietomallipohjainen määrälaskenta vaatii ohjelmiston käytön opettelua. Valitettavasti opitut taidot unohtuvat nopeasti, jos tietomallipohjaista määrälaskentaa ei tehdä päivittäin. Taitojen uudelleen opettelu taas vaatii aikaa, jolloin määrät on nopeampi laskea perinteisistä suunnitelmista.

5.5 Tietomallien hyödyntäminen case-projektin hankinnoissa

Tuotannossa tietomallia on case-projektin työmaahankinnoissa ja lähtötietojen keräämisessä hyödynnetty lähinnä visuaalisena tukena. Tietomallin avulla on hahmotettu kokonaisuutta ja esimerkiksi tarkasteltu kohteen perustuksia. Hankinnan ohjaus- ja valvontavaiheessa työmaalla pidettiin talotekniikan risteilypalaveri, jossa tietomallia hyödynnettiin. Risteilypalaverissa tietomalli toimii apuna työn teknisen suorittamisen ja työjärjestyksen suunnittelussa.

Case-projektin hankinnoissa suuri osa hankintahenkilöstöstä ei ole hyödyntänyt tietomallia laisinkaan. Hyödyntäminen on painottunut urakkaneuvotteluissa suunnitelmien visuaaliseen tarkasteluun. Täydentävien terästöiden urakkaneuvotteluissa tarkasteltiin tuubiputkien sijaintia ja kokoja. Julkisivumuurauksen urakkaneuvotteluissa tietomallia hyödynnettiin yksityiskohtien tarkasteluun ja työjärjestyksen suunnitteluun. Case-projektissa parkkihalli on kiinni rakennuksessa, joten tietomallin avulla rakenteita on ollut helppo hahmottaa.

Case-projektin ikkunahankinnassa tietomallia hyödynnettiin suunnittelunohjauksen työkaluna. Case-projektissa vertailtiin vaihtoehtoisia ikkunoiden karmisyyvyyksiä. Tietomallin avulla pystyttiin helposti tarkistamaan, kuinka syvä ikkuna ikkuna-aukkoon mahtuu ilman, että ikkunan edessä olevaa patteria joudutaan siirtämään. Case-projektin hankinnoissa tietomallia ei lähetetty alihankkijoille tarjouspyynnön mukana eivätkä alihankkijat sitä erikseen pyytäneet. Urakkasopimusvaiheessa tietomallia ei myöskään hyödynnetty sen viitteellisyyden vuoksi.

5.6 Tietomallien hyödyntäminen hankintaprosessissa alihankkijoiden näkökulmasta

Talotekniikan alihankkijat eivät hyödynnä tietomalleja omassa toiminnassaan, sillä urakalaskentaa varten alihankkijat käyttävät omaa urakalaskentaohjelmaa. Alihankkijat laskevat massat perinteisistä suunnitelmista ja tulokset syötetään laskentaohjelmaan. Alihankkijat eivät koe tietomalliosaamisen kehittämistä tai vaadittavan ohjelmiston ja lisenssin hankkimista kannattavaksi: urakalaskennassa tietomallia ei hyödynnetä ja rakennusvaiheessa tietomallia pystytään tarkastelemaan tilaajan lisenssillä. Tietomallien hyödyntämistä ei tällä hetkellä nähdä urakan valmistumista nopeuttavana tekijänä. Asentajien tietotekniikkaosaaminen on tässä myös ratkaisevassa asemassa. Asentajien omatoiminen tietomallin hyödyntäminen työmaalla vaatisi asentajien kouluttamista. Talotekniikkasuunnittelun tietomallia hyödynnetään suunnitelmien visuaaliseen tarkaste-

luun hankinnan ohjaus- ja valvontavaiheessa. Tietomallia hyödynnetään työmaalla ongelmakohtien ja detaliiden tarkasteluun. Talotekniikan korkomaailmaa pystytään tarkastelemaan tietomallista, sillä perinteisissä suunnitelmissa ei näy esimerkiksi käytävien talotekniikan lähtökorkoja. Talotekniikan osalta risteilytarkastelu on suuri tietomallista saatava hyöty. Myös case-projektissa pidettiin talotekniikan risteilypalaveri.

Kaikilla urakoitsijoilla ei ole tällä hetkellä valmiuksia tietomallien tarkasteluun tai määrien laskemiseen tietomallipohjaisesti. Esimerkiksi ikkunahankinnoissa tarjoukset perustuvat ikkunakaavioihin, joten toimittajan tietomallista saatava hyöty olisi vähäinen. Elementtituotannossa osa toimittajista hyödyntää jo toiminnassaan tietomalleja. Jos elementtitehtaalla suunnitelmista on nähtävissä, että kohde on toteutettu mallintamalla, pyritään tietomalli saamaan elementtitoimittajan käyttöön. Tietomallia hyödynnetään elementtituotannossa muun muassa määrälaskentaan. Tietomallin avulla koko hankkeen hahmottaminen on toimittajalle perinteisiä suunnitelmia helpompaa.

Elementtituotannossa elementtisuunnittelua tehdään jo mallintamalla. Tietomallit lisätään projektikeskukseen, josta tilaajapuolen on mahdollista tarkastella elementtien valmistusstatusta. Projektikeskuksesta nähdään, mitkä elementit ovat menossa tuotantoon ja mitkä elementit ovat valmiita tai varastossa. Keskuksesta nähdään myös, mitkä elementit on jo toimitettu työmaalle. Elementtisuunnittelussa hyödynnetään esimerkiksi Tekla Model Sharing-tietomallinnustyökalua, jonka avulla rakennesuunnittelija ja elementtitoimittaja pystyvät reaaliaikaisesti päivittämään tietomallia toisilleen. Tällä tavoin rakennesuunnittelija ja elementtitoimittaja pystyvät helpommin kommunikoimaan keskenään. Pelkkä visualisointi on vielä pieni hyöty, mitä tietomallista on mahdollista saada. Elementtituotannossakaan ei vielä pystytä hyödyntämään kaikkea tietomallista saatavaa informaatiota.

Haasteita tietomallien hyödyntämisessä aiheuttavat alihankkijoiden tietomalliosaamisen lisäksi tietomallien luotettavuus ja suunnitelmien päivittäminen sekä mallintamisen tarkkuus ja realismi. Jotta tietomallia voidaan hyödyntää esimerkiksi työmaalla, sen oikeellisuuteen pitää pystyä luottamaan. Tämä vaatii suunnittelijoilta tarkkuutta. Esimerkiksi talotekniikkasuunnittelijan pitää muistaa mallintaa esimerkiksi eristeet putkien ympärille. Muuten on mahdotonta tietää, mahtuvatko putket todellisuudessa niille varattuun tilaan. Tämä vaatii suunnittelijalta kokemusta: minkä verran jonkin tuotteen asentaminen kannakkeineen ja eristeineen vaatii tilaa. Talotekniikkasuunnitelmissa haasteita aiheuttavat myös tietomalliin objektien mahdollisen törmäilyn vuoksi tehdyt valekorjaukset. Mallinnuksen tarkkuus vaikuttaa myös tietomallista tuotettuihin määräluetteloihin. Jos tietomallissa on esimerkiksi nimeämisvirheitä, eivät määrät välttämättä tulostu oikein määräluetteloon.

6. Taloudellisesti merkittävimmät hankintanimikkeet

6.1 Tietomallin hyödyntäminen taloudellisesti merkittävimpien hankintanimikkeiden määrälaskennassa

Elementtien ja talotekniikan laskennassa tietomallia pystytään jo hyvin hyödyntämään. Elementit ovat potentiaalisin hankintanimike, joiden laskennassa tietomallia pystytään tai pitäisi pystyä hyödyntämään. Maanrakennuksen osalta suurin hyöty tietomallista saataisiin suunnitteluvaiheessa. Pohjarakenteiden mallintamisen avulla rakennuksen korkeus-asema saataisiin optimoitua olemassa olevaan maa-ainekseen ja massanvaihdot, louhinnat ynnä muut pystyttäisiin optimoimaan. Pohjarakenteita ei kuitenkaan kohdeyrityksen asuntokohteissa vielä mallinneta, sillä kohdeyrityksen talopuolella ei ole vielä olemassa yhtenäistä mallinnusohjetta pohjarakenteiden mallintamiseen. Ei ole myöskään olemassa vielä sellaista ohjelmistoa, jota voitaisiin maanrakennuksen laskennassa hyödyntää. Tällä hetkellä on olemassa ainoastaan infrarakentamiseen tarkoitettuja ohjelmistoja. Infrapuolen ohjelmistot eivät tuota kunnollisia IFC-malleja, suunnitteluohjelmistot ovat liian raskaita ja ohjelmistojen käytön opastaminen on todella työlästä. Joissakin suurimmissa kohteissa arkkitehti on mallintanut kohteen nykyisen maanpinnan. Maanpinnan mallintaminen on kuitenkin haasteellista, sillä maanpintaa ei saada ohjelmistoista siirrettyä kunnolla IFC-malliin. Lisäksi on erikseen sovittava, kenen vastuulla maanpinnan mallintaminen on.

Teräs-, betoni- ja laatoitustöiden laskennassa tietomallia pystytään jonkin verran hyödyntämään. Terästöissä tietomallista nähdään terästen tyypit ja pystytään laskemaan teräksen kilomäärät. Liitososat on kuitenkin huomioitava erikseen. Jos terästen kilomääriä ei pystytä laskemaan tietomallista, ne saadaan esimerkiksi kertomalla terästyypin paino ja teräsosan pituus keskenään. Betonitöiden määrälaskennassa mallista saadaan laskettua betonikuutiot. Juotoksia, muotteja ja raudoituksia ei tietomallista saada laskettua. Raudoitusarvio voidaan kuitenkin laskea tietomallista saatujen betonikuutioiden perusteella, jos suunnittelija on määrittänyt rautaa tietyn määrän per betonikuutio. Asuntokohteissa laatoitus on pääosin mallinnettu. Vaikka laatoitusta ei olisi mallinnettu, saadaan tietomallista laatoituksen määrä tilojen avulla, jos tiedetään, että laatoitusta on koko tilassa. Kalustevalitilalaattoja ei tietomallista saada laskettua, eikä niiden mallintaminen ole myöskään kannattavaa.

Myös kalusteiden ja kodinkoneiden sekä ikkunoiden ja lasijulkisivujen laskennassa pystytään tietomallia hyödyntämään. Kalusteiden laskemisessa ongelmana on se, että ei ole olemassa yhtenäistä linjaa siitä, lasketaanko kalusteet juoksumetreinä vai esimerkiksi kalustekappaleina. Kohdeyrityksen sisällä haasteita aiheuttavat suunnittelusopi-

mukset: osa arkkitehtisopimuksista tehdään niin, että arkkitehti mallintaa ainoastaan tilavarauksen keittiölle ja mitoittaa keittiöön tarvittavat vesi- ja sähköpisteet. Tällöin arkkitehti ei tee kalustesuunnitelmaa, vaan suunnitelman laatii keittiökalustetoimittaja. Tällaisessa tilanteessa tietomallista ei saada laskettua mitään kalustemääriä. Kodinkoneet voidaan ainakin osittain laskea tietomallista. Tietomallista voidaan esimerkiksi laskea, tuleeko asuntoon 600 millimetriä vai 400 millimetriä leveä astianpesukone. Helpoiten kodinkoneet on kuitenkin laskea käsin. Ikkunoiden ja lasijulkisivujen laskennassa määriä pystytään laskemaan tietomallipohjaisesti, sillä oletuksella, että tietomalli on tehty oikein. Tällä hetkellä esimerkiksi ikkunoiden korkeudet ovat tietomallissa väärin.

6.2 Tietomallin hyödyntäminen taloudellisesti merkittävimpien hankintanimikkeiden hankinnassa

Taloudellisesti merkittävimmistä hankintanimikkeistä kodinkoneet, kalusteet ja raudoitus kuuluvat useimmiten työmaahankintoihin eli niiden hankinta on tuotannon vastuulla. Kodinkoneiden ja kalusteiden hankinnoissa tietomallia ei juuri hyödynnetä. Kodinkoneiden määrätiedon saa nopeimmin kerättyä ilman tietomallia, kun kerrotaan asuntoihin sijoitettavat kodinkoneet asuntojen määrällä. Tietomalli tuskin toisi tähän mitään lisäarvoa. Kalusteisiin taas liittyy sen verran suunnitelmamuutoksia, että ne on käytävä läpi asunto kerrallaan. Kohdeyrityksellä keittiökalusteet piirtää arkkitehti. Tässä on kuitenkin rakennusliikekohtaisia eroja: joillakin rakennusliikkeillä keittiön piirtää sisustussuunnittelija ja joillakin keittiökalustetoimittaja. Kalustetiedot saadaan helpoiten arkkitehdin keittiö- ja kylpyhuonekaavioista. Näiden kaavioiden avulla hankinta yleensä tehdään, sillä kaaviot ovat selkeitä. Suunnittelussa ja suunnittelunohjauksessa tietomallia voidaan varmasti hyödyntää kalusteiden ja muiden rakenteiden yhteensovituksessa, ettei esimerkiksi keittiön työtaso estä ikkunan aukeamista. Joissakin tapauksissa kalusteita ei ole mallinnettu, vaan tietomalliin on mallinnettu ainoastaan kalusteiden tilavaraus. Tällöin tietomallia ei pystytä kalusteiden hankinnassa hyödyntämään.

Raudoitusta ei mallinneta siten, että raudoituskilojen laskeminen tietomallista olisi mahdollista. Tästä syystä raudoituksen hankinnassa tietomallia ei hyödynnetä. Raudoituksen mallintaminen tällä tavalla vaatisi suunnittelijoilta paljon enemmän työtä. Elementit ovat potentiaalisin hankintanimike, jonka hankinnassa tietomallia pystytään tai pitäisi pystyä hyödyntämään, sillä elementit ovat taloudellisesti merkittävistä hankintanimikkeistä merkittävin nimike. Elementtien hankinnassa määrälaskentaa hankaloittavat kuitenkin erilaiset määrälaskentaohjeet. Betonitöiden suuruusluokan eli betonikuutioiden määrittämiseen tietomallia voidaan hyödyntää. Maanrakennuksen hankinnassa tietomallia ei pys-

tytä hyödyntämään, sillä pohjarakenteita ei vielä mallinneta. Maanrakennus on muutenkin haastava urakka, sillä maanpinnan alaisia kerroksia ei pystytä tarkkaan määrittämään.

Talotekniikan hankinnoissa tietomallia ei oikeastaan hyödynnetä. Tietomalli on aktiivisessa käytössä vasta rakennusvaiheessa talotekniikan risteilytarkastelussa ja tuotannon suunnittelussa. Tietomallia on turha luovuttaa urakoitsijoiden käyttöön, sillä urakoitsijoilla ei ole valmiuksia tietomallien hyödyntämiseen. Talotekniikkaurakoitsijat laskevat urakalaskennassa määrät edelleen paperikuvista. Pirkanmaan alueella käytetyimmät IVA-urakoitsijat eivät laske määriä edes PDF-muotoisista suunnitelmista. Ensimmäiset sähköurakoitsijat ovat siirtyneet laskemaan urakoiden määriä PDF-kuvista paperikuvien sijaan. Tutkimuksen kohdeyritys on talotekniikan mallintamisessa edelläkävijä, joten tietomallin hyödyntämiseksi on vielä odotettava alihankkijoiden osaamisen kehittymistä. Tämä on kiinni sekä alihankkijoiden osaamisesta, että alihankkijoiden asenteista. Lisäksi talotekniikkaurakoitsijoilla työn hinnoittelu koetaan tärkeämmäksi kuin materiaalien hinnoittelu, sillä työn osuus on urakan hinnassa yleensä materiaalien hintaa suurempi.

Terästöissä konepajat ja terästeollisuus ovat olleet mallintamisen edelläkävijöitä jo ennen tietomallien nykyistä olemassaoloa. Jo 6-8 vuotta vanhoissa suunnitelmissa on nähtävissä kolmiulotteisia teräsrakenteita. Terästeollisuuden alihankkijoilla on kyky ja valmiudet tietomallien hyödyntämiseen, kunhan tiedot ovat tietomallissa oikein. Ikkunoiden ja lasijulkisivujen hankinnoissa tietomallia pystytään jonkin verran hyödyntämään. Ikkunoiden hankinnassa hyödynnetään yleensä arkkitehdin ikkunakaaviota, mutta tietomallia voidaan hyödyntää esimerkiksi ikkunoiden ja muiden rakenteiden yhteensovittamisessa. Laatoitusurakan hankinnassa tietomalli on myös hyödynnettävissä. Laatoituksen mallintamisessa on huomioitava, että seinä- ja lattialaattojen tyyppitiedot on oltava tietomallissa oikein. Kunhan laatat on tyypitetty oikein, saadaan tietomallista laskettua hankinnassa tarvittavat laattojen sijainti- ja määrätiedot.

6.3 Hankinnan määrätietovaatimukset

Kohdeyrityksen tavoitteena on tulevaisuudessa tehostaa tietomallien hyödyntämistä hankintatoimessaan. Tavoitteen toteutumista varten yhtenä toimenpiteenä tulisi kerätä jokaiselle hankintanimikkeelle hankinnan määrätietovaatimukset eli mitä määrätietoa kunkin hankintanimikkeen hankintaa varten tarvitaan. Tässä tutkimuksessa määrätietovaatimuksia on käsitelty tutkimuksen rajausten mukaisesti kohdeyrityksessä tunnistettujen kymmenen taloudellisesti merkittävimmän hankintanimikkeen kontekstissa. Hankintayksikön ja tuotanto-organisaation edustajilta kerätyt määrätietovaatimukset taloudellisesti merkittävimpien hankintanimikkeiden osalta on esitetty alla olevassa taulukossa

(Taulukko 1). Merkittävimmät hankintanimikkeet on merkitty taulukkoon kustannusten mukaisesti euromäärällisesti suurimmasta hankintanimikkeestä pienimpään.

Taulukko 1. Merkittävimpien hankintanimikkeiden määrätietovaatimukset.

Nro	Hankintanimike	Määrätieto
1	Elementit	Nettopinta-alat Bruttopinta-alat Kappalemäärät Aukkojen koot Betonilaadut Painot Teräsosien tyypit Teräsosien kappalemäärät Teräslaadut
2	Betonityöt	Paikallavaluosioiden tilavuus Laudoitukseniöt Holvien pinta-ala Holvien paksuus Betonilaadut Kaatolattioiden pinta-ala Lattiatasoitteiden pinta-ala
3	Maanrakennus	Paalujen pituudet Paalujen sijainnit Vihertöiden pinta-alat Vihertöiden kappalemäärät Kivitöiden pinta-alat Louhinnan tilavuus Kaivannon tilavuus Täyttöjen tilavuus
4	LVI-työt	Komponenttien juoksumetrit Komponenttien kappalemäärät
5	Teräs	Profiilit Painot Juoksumetrit Pintakäsittelytiedot Teräslaadut Kokoonpanoluettelo
6	Sähköasennustyöt	Komponenttien juoksumetrit Komponenttien kappalemäärät
7	Rauditus	Raudoitetyypit Juoksumetrit Painot Raudoitelaatu Työpukkien kappalemäärä Irtoteräs/valmisraudoite
8	Kalusteet ja kodinkoneet	Kodinkoneiden koot Kodinkoneiden mallit Kodinkoneiden kappalemäärät Kalustekaappien koot Kalustekaappien kappalemäärät Kalusteovien koot Kalusteovien kappalemäärät Kivitasojen juoksumetrit Lisäosien (vetimet, kannakkeet yms.) kappalemäärät
9	Laatoitus	Seinä- ja lattianeliöt Laatoitettavien tilojen sijainnit Laattojen koot Laattojen värit Laattatyyppit
10	Ikkunat ja lasijulkisivut	Ikkunatyyppit Ikkunoiden koot Ikkunoiden kappalemäärä Julkisivun lasiosien tyypit Julkisivun lasiosien koot Julkisivun lasiosien kappalemäärät Julkisivun lasiosien sijainnit Lasijulkisivun teräsosat (katso kohta 5)

Elementit, betonityöt ja talotekniikkaurakat ovat potentiaalisimpia ja merkittävimpiä hankintanimikkeitä, joiden hankinnoissa tietomallia pystyttäisiin hyödyntämään. Tietomallia hyödynnettäisiin varmasti jokaisen nimikkeen kohdalla, kunhan tietomallista saatava tieto olisi luotettavaa. Elementtien osalta tärkeintä on, että tyyppielementit on mallinnettu oikein ja elementit on nimetty oikein. Tietomallista laskettujen määrien ohella, tyyppielementtikuvat lähetetään mahdollisille elementtitoimittajille. Määrätietovaatimukset betonielementeille ovat elementtien brutto- ja nettopinta-alat ja kappalemäärät, aukkojen koot, elementtien painot sekä betonilaadut. Jos elementtien teräsosat mallinnettaisiin, tarvittaisiin niistä tiedot terästen tyypeistä ja kappalemäärästä sekä teräslaaduista. Jos tietomallista olisi mahdollista laskea tarkkaan elementtien lisäosien määrät, pystyttäisiin elementtitoimittajaa paremmin sitomaan elementtitoimituksen kokonaishintaan. Tarkemmat lisäosat löytyvät tyyppielementtikuvista, joten niiden mallintaminen ei ole välttämätöntä.

Betonitöiden hankinnoissa tarvitaan määrätiedot paikalla valettavien rakenteiden tilavuudesta, laudoitusneliöistä, holvien pinta-aloista ja paksuuksista, betonilaaduista sekä kaatolattioiden ja lattiatasoitteiden pinta-aloista. Betonitöiden määrälaskennassa ongelmia aiheuttaa nostojen tulkinta: jotkut urakoitsijat laskevat nostot anturoiksi ja jotkut seiniksi. Maanrakennuksen hankinnassa tärkeintä ovat maamassat. Tontilla olemassa olevan ja tontille tarvittavan maamassan määrittäminen etukäteen on kuitenkin hankalaa. Optimitilanteessa kohteen tarjoajat tutustuisivat kohteeseen paikan päällä. Maanrakennuksen hankinnassa olennaista määrätietoa ovat mahdollisten paalujen sijainnit ja pituudet, viihertöiden pinta-alat ja kappalemäärät, kivitöiden pinta-alat, louhinnan ja kaivuun tilavuudet sekä täyttöjen tilavuudet raekoittain ja maalajeittain. Maanrakennuksen lähtötiedot vaativat suuren pohjatyön, jotta kohteen maapohjasta saadaan jonkinlainen arvio. Yleensä maanrakennusurakoitsijoiden tarjoukset ovatkin niin sanottuja ”hihavakioita” eli karkeita arvauksia maanrakennusurakan hinnasta.

Talotekniikkaurakoiden hankinnassa tärkein määrätieto ovat erilaiset kaluste- ja varusteluettelot. Urakoitsijaa hyödyttäisi eniten, jos tietomallista olisi mahdollista laskea eri komponenttien kappalemäärät ja juoksumetrimäärät. Näin urakoitsijoille jäisi jäljelle ainoastaan työn hinnoittelu, kun tarjouslaskennasta jäisi massoittelemuksen osuus kokonaan pois. Erilaisia komponentteja ovat esimerkiksi vesikalusteet, patterit, lattialämmitys, putket, eristeet, sähkökalusteet ja -varusteet, IVA:n varusteet ja kalusteet, vuodonilmaisimet ja palopellit. Teräshankinnoissa tarvittavaa määrätietoa ovat teräsosien profiilit ja painot, profiilien pituudet ja pintakäsittelytiedot, teräksen laadut sekä teräsrakenteiden kokoonpanoluettelo. Suuremmat teräsosat koostuvat pienemmistä teräsosista, jotka on lueteltu

kokoonpanoluettelossa. Raudoitushankinnoissa tarvittavaa määrätietoa ovat raudoitetyypit, raudoitteiden juoksumetrit ja painot, raudoitelaatu ja asennukseen vaadittavien työpukkien määrä sekä tieto siitä, onko kyseessä irtorautoite vai jokin valmisraudoite kuten rauditusverkko tai hitsattu häkki. Näiden määrätietojen laskeminen tietomallista vaatisi kuitenkin ensin raudoituksen mallintamista kokonaisuudessaan.

Kaluste- ja kodinkonehankinnoissa määrätietovaatimuksia ovat kodinkoneiden mallit ja kappalemäärät sekä kodinkoneiden koot, sillä esimerkiksi astianpesukoneita on kahta eri leveyttä. Kalustetarjouspyyntö pohjautuu tällä hetkellä kalustekaavioon. Jotta tarjouspyynnössä voitaisiin hyödyntää tietomallin määrätietoa, tietomallista pitäisi saada laskettua kalustekaappien koot ja kappalemäärät, kalusteovien koot ja kappalemäärät, kivitasojen juoksumetrit sekä kalusteiden vedinten, kannakkeiden ynnä muiden lisäosien kappalemäärät. Tietomallin hyödyntämistä kalustehankinnoissa voitaisiin tehostaa, jos arkitehti pystyisi mallintamaan kalusteet suoraan oikean vuosisopimustoimittajan objekteilla. Jotta tietomallia voitaisiin hyödyntää laatoituksen hankinnassa, olisi tietomallista löydyttävä määrätiedot laatoitettavista seinä- ja lattiaaneliöistä, laatoitettavien tilojen sijainnista, laattojen koista ja väreistä sekä laattatyypeistä. Omissa asuntokohteissa asu- kasmuutokset hankaloittavat tietomallin hyödyntämistä täysin laatoitushankinnan lähtötietona.

Ikkunoiden ja lasijulkisivujen hankinnoissa olennaista määrätietoa ovat ikkunoiden kappalemäärät, ikkunatyypit, ikkunoiden koot ja vastaavasti lasijulkisivun lasiosien kappalemäärät, tyypit ja koot. Lisäksi tietomallista pitäisi pystyä tarkastamaan lasijulkisivun lasiosien sijaintitiedot eli syvyys- ja korkeusasemat. Lasijulkisivun teräsosien määrätietovaatimukset ovat samat kuin muissakin teräshankinnoissa ja löytyvät taulukon kohdasta 5. Ikkunat hankitaan tällä hetkellä ikkunakaavion avulla. Niin kauan, kuin erilaisia kaavioita ja luetteloita on olemassa, ei niiden sisältämien yksityiskohtien mallintaminen ole välttämätöntä. Tärkeintä tietomallipohjaisessa määrälaskennassa on, että erilaiset komponentit on tietomallissa tarkkaan tyypitetty ja tietomallista laskettava määrätieto on jaoteltavissa komponenttityypeittäin. Määrätieto pitäisi myös pystyä suodattamaan tietomallista kerroksittain, asunnoittain ja tiloittain. Eri pituisilla ja eri kokoisilla komponenteilla on eri hinnat ja komponentin sijainnilla rakennuksessa voi olla vaikutusta komponentin asennushintaan esimerkiksi talotekniikkaurakoissa.

7. Tietomallin kehittäminen

7.1 Tietomallin kehittäminen suunnittelijoiden näkökulmasta

Tutkimuksen kohdeyrityksen tavoitteena on kehittää tietomallia paremmin hankintoja palvelemaan suuntaan. Suunnittelijoiden näkökulmasta tietomallin kehittämisessä on muutamia haasteita. Yksi tietomallin perimmäisistä tarkoituksista on palvella hankinnan tarjouskyselyä. Tällä hetkellä esimerkiksi sähkökalusteissa ja valaisimissa käytetään mallintamisessa itse mallinnettuja objekteja, sillä muuta ei ole saatavilla. Itse mallinnetut objektit eivät sisällä tietoa, joten niitä ei pystytä hyödyntämään määrälaskennassa. Objektihin olisi mahdollista lisätä tietoa käsin, mutta tästä saatava lisäarvo tuskin olisi kannattava verrattuna vaadittuun työpanokseen. Tätä varten sähkösuunnittelija laatii esimerkiksi valaisinluettelon. Sama koskee muun muassa ovia ja ikkunoita. Näiden hankinnassa hyödynnetäänkin tällä hetkellä suunnittelijoiden laatimia luetteloita, ei tietomallia. Tärkeintä hankkeen alkuvaiheessa on olennaisen tiedon lisääminen tietomalliin. Täydentävää tietoa lisätään tietomalliin hankkeen edetessä. Tietomalli halutaan pitää valmistajien tiedon osalta mahdollisimman neutraalina, jos valmistajasta ei olla alkuvaiheessa täysin varmoja. Niin kauan, kuin erilaisia luetteloita ja kaavioita tuotetaan, ei ole kannattavaa lisätä tietomalliin turhan tarkkaa tietoa. Tietosisältöä voi tietomalliin lisätä ainoastaan suunnittelija, joten tietojen lisääminen on lisätyötä kaiken muun suunnittelutyön ohella. Haasteena olisi tällaisen lisäsuunnittelutyön sovittaminen hankkeen suunnittelun aikajajalle niin, että se ehtisi hyödyttämään hankintoja.

Muita haasteita tietomallien kehittämisessä ovat pohjarakennemallin puuttuminen, raudoituksen puuttuminen tietomallista sekä urakoitsijoiden ja kiinteistöhuoltoyritysten valmiudet tietomallien hyödyntämiseen. Case-projektissa ei vaadittu pohjarakenteiden mallintamista, joten maanrakennuksen hankinnassa ei olisi tietomallia voitukaan hyödyntää. Samoin raudoitus olisi ensin mallinnettava, jotta tietomallia voitaisiin hyödyntää raudoitushankinnoissa. Raudoituksen mallintaminen kokonaisuudessaan on mahdollista, mutta se tekisi tietomallista todella raskaskäyttöisen. Raudoituksen mallintamiseen kuuluisi myös paljon työtunteja. Tärkeintä on tarkkaan punnita mallintamiseen kulutettua aikaa ja siitä saatavaa lisäarvoa.

Tietomallia itsessään ei välttämättä tarvitsisi kehittää. Tärkeintä on määrittää, mitä tietomallilta lopulta halutaan, jotta asioita ei mallinnetta turhaan. Ihanteellisessa tilanteessa suunnittelijat työstäisivät reaaliajassa tietomallia, joka sisältäisi kaikkien suunnittelualojen uusimman tiedon. Suunnittelussa piilee tiedonhallintaan liittyvä riski: epähuomiossa hyödynnetään suunnittelutyössä jonkin toisen suunnittelualan vanhentunutta pohjaa. Tullevaisuudessa voisi olla mahdollista, että tietomalli muodostaisi yhden alustan, jolla kaikki suunnittelijat ja muut osapuolet toimisivat. Tämä antaisi suunnittelutyölle paljon

uusia mahdollisuuksia, kun kaikki suunnitteluohjelmat olisivat yhteensopivia ilman muunnostyökaluja. Tämä poistaisi myös aiemmin mainitun tiedonhallinnan riskin. Asuntosuunnittelu on suhteellisen yksinkertaista ja käytettävissä suunnitteluohjelmistoissa on paljon potentiaalia. Hyödyntäminen vaatisi vain hyvin standardisoidun ympäristön.

7.2 Tietomallin kehittäminen suunnittelunohjauksen näkökulmasta

Tietomallien kehittämiseen liittyy paljon mahdollisuuksia, mutta myös kehittämistä rajoittavia tekijöitä. Kehitystyön taustalla on aina oltava motivaatio ja perustelut sille, miksi asioita halutaan kehittää. Kehitystyössä on punnittava tarkkaan kehityksen mukanaan tuomaa lisäarvoa: korreloiko mallintamiseen käytetty aika ja vaiva sen tuomaa lisäarvoa. Eli esimerkiksi mitä kaikkea on kannattavaa mallintaa ja mitä ei. Tietomallinnusta on eri tekniikan aloilla hyödynnetty jo pidemmän aikaa. Esimerkiksi teollisuudessa tietomallit ovat olleet käytössä jo pitkään ja teollisuuden tietomallit ovat pitkälle kehittyneitä. Rakennuslalla tietomallintamisessa ollaan kehityksestä jäljessä.

Haasteita tietomallien kehittämiseen tuovat suunnitteluohjelmistot, mallintamisen oikeellisuus, BEC-säännökset, tietomallin päivittäminen ja tietosuojalait. Varsinkin talotekniikkapuolella suunnitteluohjelmistoissa on vielä puutteita. Esimerkiksi MatchiCAD-ohjelmalla objektien päivittäminen on haasteellista. Etenkin talotekniikkapuolella vastaan tulee myös mallintamisen oikeellisuuteen liittyviä haasteita. Esimerkiksi talotekniikan kanavia suunniteltaessa, jotkin kanavat menevät rakennuksessa päällekkäin. Tällaisessa tilanteessa joudutaan pohtimaan, onko selkeämpää mallintaa kanavat päällekkäin, kuten ne todellisuudessa ovat, vai mallintaa ne suunnitelmien selkeyden vuoksi hieman limittein. Jos kanavat mallinnetaan limittein, toinen kanavista on todellisuudessa väärässä kohdassa. Määrälaskentaan liittyen elementtisuunnittelun mallinnusohjeet (BEC 2012) pitäisi päivittää. BEC-säännökset eivät tunnista esimerkiksi rappauselementtien rappausta, jolloin elementin pinta-ala näkyy tietomallipohjaisessa määräluettelossa väärin. Elementtimäärien laskentaa hankaloittavat myös erimielisyydet määrälaskentatavoissa.

Tietomallia on päivitettävä jatkuvasti, jotta siitä voidaan hyödyntää esimerkiksi rakennuksen ylläpitovaiheessa. Toimitilapuolella suurilla kiinteistöyrityksillä on tavoitteena hyödyntää tietomalleja tulevaisuudessa kiinteistöjensä ylläpidossa. Asuntokohteissa tietomallin hyödyntäminen kohteen ylläpidossa on täysin riippuvainen saatavilla olevien kiinteistönhuoltoyritysten tietomalliosaamisesta. Markkinoille pitäisikin saada enemmän sellaisia asuntokohteisiin erikoistuneita kiinteistönhuoltoyrityksiä, joilla olisi valmiudet kohteen tietomallin hyödyntämiseen toiminnassaan. Tietomallin hyödyntämiseen liittyy myös tietosuojalakeihin liittyviä haasteita, sillä tekniikan kehittyessä tietosuoja- ja yksityisyy-

densuoja-asiat nousevat esille. Suomalaisen kodin yksityisyydensuoja on todella katava, mikä estää esimerkiksi tunnistelukkojen käytön asuntokohteissa. Yksityisasunnoista eivät ulkopuoliset toimijat saisi tietää oikeastaan mitään. Samoin murtautumismahdollisuudet tietojärjestelmiin kasvavat älyjärjestelmien yleistyessä, sillä älyjärjestelmiä pystytään nykyisin ohjaamaan etänä pelkän koodin avulla. Älyjärjestelmät ja tunnistelukkojen kävijätiedot aiheuttavat tietoturvariskin: kenellä tulisi olla pääsy tällaisiin tietoihin.

7.3 Tietomallin kehittäminen laskennan näkökulmasta

Jotta tietomalli palvelisi hankintaprosessia mahdollisimman tehokkaasti, tulisi tietomallien olla keskenään yhteneviä. Sama informaatio tulisi esittää samalla tavalla jokaisessa tietomallissa. Tämä vaatii suunnittelijoilta tietomalliohjeistuksen kurinalaista noudattamista. Lisäksi pitäisi määrittää, mitä informaatiota tietomallista oikeasti tarvitaan, jotta asioita ei mallinneta turhaan. Tärkeintä on verrata mallintamiseen nähtävää vaivaa siitä saatavaan hyötyyn. Mallintamisen kannattavuus on kohderiippuvainen. Esimerkiksi asuntotuotannossa talotekniikan materiaalikustannusten osuus on pieni, joten esimerkiksi valaisimien tyypittäminen tietomalliin ei toisi hankkeelle suurta lisähyötyä. Suuremmissa hankkeissa, kuten kauppakeskuksissa, tästä voisi kuitenkin olla hyötyä. Isommat kokonaisuudet on saatava mallinnuksessa ensin toimimaan, ennen kuin siirrytään alemmille ja tarkemmille tasoille. Jos iso kokonaisuus ei toimi, ei tarkemmilla tiedoilla tehdä yhtään mitään. Jos esimerkiksi elementit on tietomallissa nimetty väärin, ei elementtien raudoituksen mallintamisella tehdä yhtään mitään.

Täydellinen tietomalli olisi ajan tasalla ja käytettävissä oikeaan aikaan sekä sisältäisi kaiken oleellisen ja tarvittavan määrätiedon. Täydellisen tietomallin tuottaminen nykyisillä ohjelmistoilla on täysin mahdollista. On kuitenkin huomioitava, että ohjelmistot eivät tuota haluttua asiaa välttämättä samalla tavalla. Esimerkiksi betonielementtien mallintamiseen liittyvät BEC-määräykset on alun perin suunniteltu pelkästään Tekla:n ohjelmistolle. Toisessa tällä hetkellä suurimmassa ohjelmistossa Revit:ssä nämä määräykset eivät toimi. Tietomallinnusprosessissa kannattavinta on tuottaa hankkeen alkuvaiheessa tietomalliin sellaista tietoa, jota prosessissa voidaan hyödyntää ilman, että tietoa täytyy tuottaa myöhemmin uudestaan. Tässä on huomioitava esimerkiksi asukasmuutoksista aiheutuvat suunnitelmamuutokset. Kohdeyrityksen laskentayksikössä on kehitteillä taulukko, johon laskennassa kerätään tietomallista saadut ja käsin lasketut määrät asuntokohtaisesti. Taulukkoa hyödynnettäisiin myöhemmissä prosessin vaiheissa esimerkiksi työmaalla ja asukasmuutoksissa. Tarkoituksena on, että tietoa tarkennetaan ja päivitetään taulukon prosessin kuluessa.

7.4 Tietomallin kehittäminen hankinnan näkökulmasta

Tietomalleja hyödynnetään tekniikan alalla monin eri tavoin. Esimerkiksi auto- ja koneellisuudessa tietomallipohjaisessa tuotannonohjausjärjestelmässä perustavaa laatua oleva tekijä on viivakooditieto. Kun tuotantoa lähdetään ohjaamaan ja projekti perustetaan, syntyy viivakoodinpätkiä, jotka kartoittavat tehtyjä työtunteja ja asennettuja komponentteja. Samanlaista tekniikkaa voitaisiin mahdollisesti hyödyntää myös rakennusalalla. Jos arkkitehti mallintaisi kalusteet suoraan oikean kalustetoimittajan kalusteilla tai vaihtoehtoisesti kalustetoimittaja mallintaisi kalusteet, voitaisiin kalusteobjekteille koodata tällainen viivakoodinpätkä. Kalusteet asennetaan paikoilleen ja asennuksen jälkeen asentaja lukisi viivakoodin kaapista ja tieto päivittyisi valmiusasteena automaattisesti tietomalliin. Tällainen valmius on jo esimerkiksi betonielementtien tuotannossa ja sitä voitaisiin hyödyntää myös muiden alihankintojen valmiusasteiden seurannassa.

Tietomallin pitäisi olla interaktiivinen ja voimakkaasti vuorovaikutuksessa jokaisessa hankkeen vaiheessa. Lisäksi tietomallin pitäisi päivittyä reaaliaikaisesti. Hankinta voisi laskea määriä tietomallipohjaisesti ja pystyisi hyödyntämään tietomallia sekä teknisenä että kaupallisena asiakirjana. Tietomallin avulla pystyttäisiin ehkäisemään mahdollisimman paljon häiriöiden syntymistä työmaalla. Tietomalliin voitaisiin liittää määrätiedon ja materiaalitiedon lisäksi rakennusosien kustannustieto sekä hankkeen aikataulutieto. Aikajanaa liikuttamalla pystyttäisiin visuaalisesti seuraamaan, kuinka kohde valmistuu. Tietomallista pystyttäisiin myös seuraamaan hankkeen valmiusastetta sekä kustannuksien reaaliaikaista toteutumista. Samalla tavalla tietomallista pystyttäisiin seuraamaan hankintojen valmiusastetta: mitkä hankinnat on tehty ja mitä on vielä hankkimatta. Tietomallista pystyttäisiin heti havaitsemaan mahdolliset häiriöt ja niihin osattaisiin varautua työmaalla. Työmaa pystyisi lisäksi hyödyntämään tietomallia esimerkiksi kolmiulotteisen aluesuunnitelman muodossa.

7.5 Tietomallin kehittäminen alihankkijoiden näkökulmasta

Tärkeintä tietomallintamisessa aliurakoitsijoiden kannalta on tietomallin reaaliaikainen päivittäminen sekä määrätiedon luotettavuus. Määrätieto on alihankkijoille visuaalisuuden ohella tietomallintamisen tärkein hyöty. Tärkeintä olisi, että mallintamisessa noudatettaisiin yhteisiä pelisääntöjä ja asukas- ja suunnitelmamuutokset päivitetäisiin sekä perinteisiin suunnitelmiin, että tietomalliin. Jos esimerkiksi ontelolaatat on lähtökohtaisesti mallinnettu oikein, elementtituotannossa punostaja pystyy punostamaan ja tekemään kaaviot tietomallin laataston pohjalta. Yleensä jokaisessa tietomallissa on jotakin korjattavaa, vaikka elementtisuunnittelua varten onkin käytössä BEC-ohjeet (BEC2012) kaikilla toimijoilla. Esimerkiksi elementtien nimeämisessä on usein eroavaisuuksia, mikä aiheuttaa ylimääräistä työtä elementtitoimittajien järjestelmissä.

Törmäystarkastelu on talotekniikan osalta tärkein tietomallista saatava hyöty. Saman tyyppinen tarkastelu voitaisiin toteuttaa talotekniikan ja kalusteiden osalta, kunhan kalusteet on sijoitettu tietomalliin suunnitelmien mukaisesti tarpeeksi aikaisessa vaiheessa. Varsinkin kalusteiden ja pistorasioiden törmäystarkastelu olisi tärkeää, jotta pistorasioita ei jäisi kalusteiden taakse. Mallintaminen vaatii suunnittelijoilta tarkkuutta. Esimerkiksi ikkunat pitäisi litteroida tarkemmin: vaikka ikkunat olisivat keskenään muuten samanlaisia, mutta osassa niistä on auringonsuojalasi, eivät ne silloin ole samanlaisia keskenään ja ne tulisi litteroida erikseen. Lisäksi ikkunoiden jako ikkunakaaviossa valmiiksi kerroksittain helpottaisi ikkunatoimittajien työtä. Erilaisten kaavioiden ja luetteloiden pitäisi muutenkin olla mahdollisimman tarkkoja ja helposti ymmärrettäviä, jotta tulkinvaraisuuksilta ja epäselvyyksiltä vältyttäisiin.

8. Tietomallin tehokkaampi hyödyntäminen hankintaprosessissa

8.1 Tietomallin tehokkaampi hyödyntäminen hankintaprosessissa suunnittelijoiden näkökulmasta

Kohdeyrityksen tavoitteena on tulevaisuudessa hyödyntää tietomalleja hankintaprosessissa mahdollisimman tehokkaasti. Jotta tietomallia voitaisiin hyödyntää tehokkaammin, on suunnittelun aikataulutukseen kiinnitettävä erityistä huomiota. Muita tärkeitä tekijöitä tietomallien hyödyntämisen tehostamisessa ovat päätöksenteko, suunnitelmamuutokset ja osapuolten motivaatio. Alkuvaiheen suunnitteluun tulisi panostaa mahdollisimman paljon, jotta suunnitelmiin ei luonnosten lukitsemisen jälkeen tarvitsisi enää tehdä muutoksia. Kaikkien hankkeen osapuolten pitäisi osallistua suunnitteluprosessiin ja päätöksentekoon sekä sitoutua tehtyihin päätöksiin.

Lisäksi hankkeen osapuolilla tulisi olla motivaatiota ja halua kehittyä ja oppia käyttämään ja hyödyntämään tietomalleja tehokkaammin. Koska mallintamiseen käytetään paljon aikaa, olisi toivottavaa, että tietomallia pystyttäisiin hyödyntämään hankkeen myöhemmissä vaiheissa. Jotta tietomalleja voitaisiin esimerkiksi hankintaprosessissa hyödyntää tehokkaammin, olisi hankintaprosessin osapuolilla oltava motivaatiota oppia hyödyntämään tietomalleja. Tämä koskee niin yrityksen omaa henkilöstöä kuin aliurakoitsijoitakin. Jotta tietomallin täysi potentiaali saataisiin hyödynnettyä sekä hankintaprosessissa että toteutusvaiheessa olisi aliurakoitsijoillakin oltava valmiudet tietomallien hyödyntämiseen niin tarjouslaskennassa kuin työmaallakin.

8.2 Tietomallin tehokkaampi hyödyntäminen hankintaprosessissa suunnittelunohjauksen näkökulmasta

Kohdeyrityksen on pystyttävä määrittelemään, mitä tietomallilta loppujen lopuksi halutaan. Vaatimusten pitäisi olla yksiselitteisiä. Tiedon pitäisi olla oikeassa paikassa ja oikeassa muodossa, jotta se pystytään lukemaan. Tällä hetkellä vaatimukset ovat piilotettuina kohdeyrityksen tietomalliohjeistuksessa. Isossa roolissa on tietenkin suunnittelijoiden kurinalaisuus tietomalliohjeistuksen noudattamisessa. Hankintojen kannalta tärkeintä on tiedon oikea-aikaisuus. Suunnittelutoimistoilla on erilaisia tietomallinnuskäytäntöjä. Jotkut suunnittelutoimistot mallintavat ensin isommat kokonaisuudet valmiiksi ja lähtevät sitten tarkentamaan tietomallia. Toiset taas mallintavat esimerkiksi yhden linjan kerrallaan valmiiksi.

Tarkemman määrälaskennan avulla pystyttäisiin tekemään sitovampia kokonaishintaisia kauppoja, jolloin välttyttäisiin monilta toimittajien lisälaskuilta esimerkiksi elementtitoimituksissa. Tämä vaatii aikaa ja resursseja. Laskentavaiheessa tietomalli on usein vielä keskeneräinen, mutta varsinkin isommissa ja erikoisemmissa kohteissa se toimii tärkeänä havainnollistavana työkaluna. Tosin vain viitteellisenä. Määrätieto voidaan urakasopimuksissa kuitenkin ilmoittaa pelkästään arviona. Tilaaja laskee määrät ja sopimukseen kirjataan hyvityshinta, jos määrä toteutusvaiheessa kasvaa tai pienenee. Tällöin urakoita voidaan hinnoitella tarkemmin, jolloin mahdollisuudet ja riskit pienenevät.

8.3 Tietomallin tehokkaampi hyödyntäminen hankintaprosessissa laskennan näkökulmasta

Jos tietomalli olisi täydellinen, eli olisi ajan tasalla ja käytettävissä sekä sisältäisi tarvittavan määrätiedon, hyödynnettäisiin sitä määrälaskennassa luultavasti samaan tapaan kuin tähänkin asti. Kaksiulotteisia suunnitelmia hyödynnettäisiin edelleen määrälaskennassa, sillä ne sisältävät sellaista tietoa, jota tietomalliin ei välttämättä voida sisällyttää. Tietomallista on välillä vaikea hahmottaa, mitä kaikkea jokin määrätieto sisältää eli mitkä kaikki rakennusosat määriin on sisällytetty. Täydellistä tietomallia hyödynnettäisiin laskennassa ahkerammin, mutta tietomallipohjaiseen määrätietoon ei silti luotettaisi sataprosenttisesti. Keskeneräisessä tietomallissa on puutteita ja virheitä, jotka käyvät ilmi tietomalliselostuksesta. Kaksiulotteisissa suunnitelmissa keskeneräiset osat voidaan merkata suoraan suunnitelmiin, mikä helpottaa niiden visuaalista hahmottamista. Pelkästä tietomallista puutteita voi olla silmämääräisesti vaikea havaita.

Täydellisen tietomallin rinnalla laskennassa käytettäisiin edelleen apuna Excel-taulukkoa, johon tietomallista saadut määrät kirjattaisiin. Taulukon määriin pystytään helposti lisäämään kyseiseen hankintanimikkeeseen liittyvät muut työt, joita tietomallista ei pystytä laskemaan ja jotka kuitenkin on sisällytettävä hankintakokonaisuuteen. Tärkeintä

tietomallipohjaisessa määrälaskennassa onkin saatavissa olevan tiedon hyödyntäminen ja jatkojalostaminen: lasketaan tietomallista se määrätieto, joka on mahdollista laskea ja jatkojalostetaan tietoa jollakin muulla tavalla jonkin toisen dokumentaation avulla, jotta päästään lopulta haluttuun lopputulokseen. Tarkoitus ei ole kuvitella, että tietomallista saataisiin valmiina kaikki tarvittava informaatio. Tällainen menettely vaatii määrälaskijalta kokemusta. Tietomallista määriä laskevan on hallittava kolme osa-aluetta: perus määrälaskenta, tietomalliperustaisen määrälaskennan kompastuskivet ja ohjelmiston käyttäminen sekä laskettavan kohteen tuntemus. Jos yksikin osa-alueista on pielessä, laskennasta saatuihin määriin ei voida luottaa. Jatkossakin määrälaskenta tulee olemaan tietojen yhdistämistä eri dokumentaatioista, sillä tietomallista ei pystytä laskemaan kaikkia tarvittavia määriä.

8.4 Tietomallin tehokkaampi hyödyntäminen hankintaprosessissa hankinnan ja tuotannon näkökulmasta

Tuotannon toiveena olisi tuotantoinisnoöreille suunnattu tietomallikoulutus, jossa keskiyttäisiin tietomallista saatavaan määrätietoon ja sen poimimiseen tietomallista. Tällä hetkellä tietomalleja ei osata kunnolla käyttää ja siksi niitä ei hyödynnetä työmaahankinnoissa tai lähtötietojen keräämisessä, muuta kuin visuaalisena aputyökaluna. Jos tietomalli olisi täydellinen, eli siitä saataisiin ulos luotettavaa ja oleellista määrätietoa oikea-aikaisesti, hyödynnettäisiin sitä varmasti jokaisessa hankintaprosessin vaiheessa. Tämä nopeuttaisi hankintayksikön toimintaa, kun hankinnassa pystyttäisiin tarkastelemaan määriä itse. Tällä hetkellä hankinnoissa joudutaan turvautumaan laskentayksikön tuottamaan määrätietoon, sillä hankinnalla ei ole aikaa määrien tarkistamiseen. Täydellistä tietomallia voitaisiin hyödyntää hankinnan omaan tarkasteluun ennen tarjouspyynnön lähettämistä mahdollisten alihankkijoiden huomiota kaipaavien kohtien varalta. Nämä kohdat huomioitaisiin tarjouspyynnössä. Tietomallin tarkastelu urakkaneuvotteluissa olisi edelleen avainasemassa. Lisäksi tietomallia voitaisiin hyödyntää muutostöiden hallinnassa ja muutenkin hankinnan ohjaus- ja valvontavaiheessa. Tuotannossa tietomallipohjainen luotettava määrätieto nopeuttaisi varsinkin lähtötietojen keräämistä.

Jos tietomalli olisi täydellinen, pystyttäisiin tarjoajien valintavaiheessa potentiaalisia tarjoajia kartoittamaan uudella tavalla: esimerkiksi talotekniikkaurakoissa olisi mahdollista lähettää sähköpostitse tietomallin latauslinkki potentiaalisille urakoitsijoille ja tällä tavoin tiedustella, ketkä urakoitsijat ehtisivät laskea tarjouksen ja kenellä olisi mielenkiintoa tarjota tällaista kohdetta. Tietomallin avulla urakoitsijat saisivat heti kattavan käsityksen kohteesta. Avoimuus on tässä yksi avaintekijä: myös urakoitsijoilla pitäisi olla mahdollisuus hyödyntää tietomalleja toiminnassaan. Yksi askel tietomallien tehokkaammassa

hyödyntämisessä olisikin kartoittaa ne alihankkijat, joilla on valmiudet tietomallien hyödyntämiseen ja täydentämiseen. Jokaisessa hankintanimikkeessä tietomallia hyödynnettäisiin luultavasti eri tavalla.

Hankkeen kustannusrakenne muuttuu riippuen siitä, missä kohtaa hanketta suunnittelusta maksetaan. Tällä voi olla positiivisia tai negatiivisia vaikutuksia. Yksi esimerkki tällaisesta ovat teräshankinnat, jotka tehdään arkkitehtikuvien pohjalta. Hankinnasta maksetaan X euroa. Suunnittelussa on säästetty kuukausia tai vuotta aikaisemmin 500€, kun rakennesuunnittelija ei ole piirtänyt teräshankinnasta konepajakuvia. Tällaisessa tapauksessa alihankkija piirtää konepajakuvat itse ja muuttaa tiedon omaan tuotantoonsa sopivaksi. Tämä saattaa nostaa hankintahintaa 0€ tai pahimmassa tapauksessa tämä voi nostaa hankintahintaa 5 000€, joka on suuri kustannus verrattuna siihen, että rakennesuunnittelija olisi piirtänyt konepajakuvat ennen hankinnan suorittamista. Konepajakuvien puuttuminen tarjouspyyntövaiheessa lisäksi rajaa mahdollisten terästoimittajien määrää, kun ainoastaan pajat, joilla on oma konepajasuunnittelu, pystyvät tarjoamaan kohdetta. Lisäksi terästeollisuuden alihankkijoilla olisi valmiudet tietomallien hyödyntämiseen toiminnassaan.

8.5 Tietomallin tehokkaampi hyödyntäminen hankintaprosessissa alihankkijoiden näkökulmasta

Alihankkijoiden näkökulmasta tietomallin hyödyntämistä hankintaprosessissa voitaisiin tehostaa erityisesti tarjouspyyntövaiheessa. Tietomalli voitaisiin luovuttaa alihankkijoille tarjouspyynnön tueksi. Määrätiedon ohella tietomalli visualisoi kohteen alihankkijalle paremmin kuin perinteiset suunnitelmat. Tietomallista on myös helpompi hahmottaa keskenäiset kohdat, jotka tarkentuvat hankkeen edetessä. Esimerkiksi talotekniikan alihankkijat eivät kuitenkaan koe tietomalliosaamisen kehittämistä ja tietomallien hyödyntämistä omassa toiminnassaan kannattavaksi. Oman lisenssin avulla alihankkijat pystyisivät tarkastelemaan tietomallia missä ja milloin tahansa, eikä rakennusaikainen tietomallin tarkastelu olisi pelkästään tilaajan lisenssin varassa.

Itse tietomallin lähettämisen lisäksi valmiin määräluettelon lähettäminen tarjouspyynnön liitteenä olisi keino tehokkaammin hyödyntää tietomallia hankinnoissa. Tarkoituksenmukaista ei välttämättä olisi alihankkijoiden tietomalliosaamisen kehittäminen vaan tarjousprosessin nopeuttaminen ja helpottaminen tarjoamalla tarkempaa ja valmiimpaa määrätietoa tilaajan puolesta. Määräluettelon lähettäminen helpottaisi sekä toimittajien että tilaajan työtä, kun saadut tarjoukset olisivat varmemmin vertailukelpoisia keskenään. Määrälaskenta on kuitenkin iso osa tarjouslaskentaa, joten valmis määräluettelo nopeuttaisi urakkalaskentaa huomattavasti. Harvalla alihankkijalla on vielä valmiuksia määrien

laskemiseen tietomallista, joten tilaajan laatima määräluettelo olisi kannattavin vaihtoehto tietomallipohjaisen määrätiedon hyödyntämiseen. Tällöin määrät eivät olisi tulkinvaraisia vaan kaikki alihankkijat olisivat tarjouskissassa samalla viivalla. Esimerkiksi elementtihankinnassa riittäisi tietomallista tulostettu karkeampi luettelo elementtien määrästä, joka lähetettäisiin tarjouspyynnön mukana elementtitoimittajille. Tarjouspyynnön mukana lähetettäisiin myös elementtien tyyppikuvat, joista selviävät elementtien tarkemmat yksityiskohdat. Yksityiskohdat muuttuvat usein ja siksi esimerkiksi elementtien raudoituksia ja muita elementtien lisäosia ei ole tarpeellista mallintaa.